

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

MODELO BASADO EN LA INTEGRACIÓN DE HERRAMIENTAS MATEMÁTICAS  
Y CONOCIMIENTO EMPÍRICO PARA LA PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN Y  
CONTROL DE OPERACIONES EN LAS PYMES DE SERVICIOS  
ODONTOLÓGICOS CON DEMANDA INCIERTA

Trabajo final de investigación aplicada sometido a la consideración de la Comisión  
del Programa de Estudios de Posgrado en Ingeniería Industrial para optar al grado  
y título de Maestría Profesional en Ingeniería Industrial con énfasis en Manufactura  
y Calidad

RANDALL DAVID SERRANO VALENCIANO

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2020

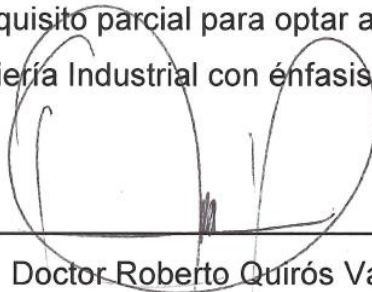
## **Dedicatoria y agradecimientos**

A la memoria de mi papá, quien me vio iniciar este proceso. Él estaría muy orgulloso de vivir este momento.

A mi mamá, por ser siempre mi gran soporte. Alegría total por estar viviendo este momento con ella.

A mi gran compañía de siempre, Melissa.

“Este trabajo final de investigación aplicada fue aceptado por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Ingeniería Industrial de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Maestría Profesional en Ingeniería Industrial con énfasis en Manufactura y Calidad”



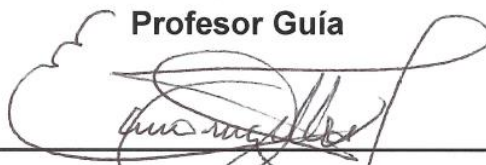
---

Doctor Roberto Quirós Vargas  
**Representante del Decano**  
**Sistema de Estudios de Posgrado**



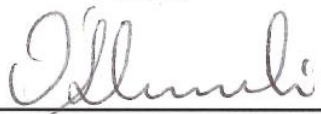
---

Magister Erick Solano Gámez



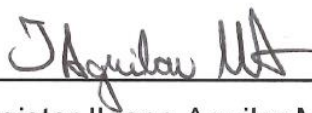
---

**Profesor Guía**  
Magister Marco Vinicio Urgellés Chavarría  
**Lector**



---

Magister Oscar Abellán Villegas  
**Lector**



---

Magister Ileana Aguilar Mata  
**Directora**

**Programa de Posgrado en Ingeniería Industrial**



---

Randall David Serrano Valenciano  
**Sustentante**

## Tabla de Contenido.

Dedicatoria y agradecimientos .....	ii
Tabla de Contenido.....	iv
Resumen.....	vii
Lista de tablas .....	viii
Lista de figuras.....	ix
Lista de abreviaturas.....	x
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA Y SU IMPORTANCIA .....	1
1.1. Introducción .....	1
1.2. Justificación de la problemática .....	2
1.3. Objetivo general y objetivos específicos .....	7
1.3.1. Objetivo general .....	7
1.3.2. Objetivos específicos.....	7
1.4. Factibilidad del proyecto de investigación.....	7
1.5. Alcances de la investigación y limitaciones.....	8
Capítulo II: Marco Teórico .....	10
2.1. Referencia contextual .....	10
2.1.1. Micro, Pequeña y Mediana Empresa (PYME) .....	10
2.1.2. Planificación, Programación y Control de Operaciones.....	12
2.1.3. Sector servicios odontológicos .....	14
2.1.4. Empresa colaboradora .....	17
2.1.5. Investigaciones afines .....	18
2.2. Referencia conceptual .....	22
2.2.1. Heurística .....	22

2.2.2. Lógica Difusa.....	24
2.2.3. Simulación.....	32
2.2.4. Sistemas de inventario .....	33
Capítulo III: Metodología de la investigación.....	37
3.1. Tipo de investigación .....	37
3.2. Definición de los elementos de estudio.....	37
3.3. Diseño instrumental .....	39
3.4. Metodología de análisis de la información recolectada.....	40
3.4.1. Escala de Likert. ....	42
3.5. Metodología de validación .....	43
3.6. Plan de trabajo.....	44
Capítulo IV: Desarrollo y resultados.....	46
4.1. Metodología de diagnóstico .....	46
4.1.1. Investigación de campo.....	47
4.1.2. Herramienta de verificación.....	47
4.1.3. Automatización del diagnóstico .....	48
4.1.4. Aplicación de la herramienta de verificación .....	48
4.2. Metodología de diseño del modelo. ....	49
4.3. Herramienta informática “ProDent” .....	50
4.3.1. Registro digital de pacientes .....	50
4.3.2. Registro y seguimiento digital de historial clínico .....	51
4.3.3. Programación de citas.....	52
4.3.4. Pronósticos de la demanda .....	53
4.3.5. Sistema de inventarios .....	56

4.3.6. Indicadores .....	59
4.4. Validación .....	60
4.4.1. Expediente digital .....	61
4.4.2. Pronósticos y sistema de revisión periódica de inventarios.....	62
4.4.3. Programación de citas.....	63
4.4.4. Indicadores .....	64
4.4.5. Análisis de mejoras en los indicadores.....	65
Capítulo V: Discusión .....	66
5.1. Lecciones aprendidas .....	66
5.2. El aporte a la academia .....	66
Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones .....	67
6.1. Conclusiones .....	67
6.2. Recomendaciones .....	68
Bibliografía .....	69
Apéndice .....	71
Apéndice 1: Guía de entrevista cualitativa para el sector odontológico.....	71
Apéndice 2: Informe de entrevistas .....	73
Apéndice 3: Herramienta de verificación .....	76
Apéndice 4: Diagnóstico a la empresa Tres Ríos NeoClinic.....	78
Apéndice 5: Servicios odontológicos ofrecidos en Tres Ríos NeoClinic.....	80
Apéndice 6: Cotización de desarrollo de software similar a ProDent .....	80

## **Resumen**

Las micro, pequeñas y medianas empresas representan aproximadamente un 75,8% del total de empresas en Costa Rica. Siendo el sector servicios el que representa una significativa mayoría, teniendo un 43,6% con respecto a los demás sectores (comercio, industria y tecnología de información).

Según registros presentados en la investigación, cerca de un 80% de las empresas (PYMES) no logran superar los 3 años de permanencia en el mercado, esto por diversas causas, una de ellas siendo el foco de la investigación presentada, la planificación, programación y control de las operaciones.

El proyecto se ha direccionado al sector servicios, específicamente el de servicios odontológicos, siendo esta un área poco explorada y con características muy particulares, por lo que el desarrollo de conocimiento se ha considerado necesario para apoyar la competitividad de estas empresas.

La naturaleza del sector servicios odontológicos presenta desconocimiento en el comportamiento de la demanda en todo aspecto, desde su demanda independiente (citas) hasta su demanda dependiente (consumo de materiales por cita). Por este motivo, la aplicación de herramientas clásicas de la Ingeniería Industrial no necesariamente resuelve el problema de la planificación, programación y control de las operaciones en este tipo de empresas. Tomando esto en consideración, se ha desarrollado el presente proyecto, el cual busca integrar, el conocimiento empírico que las personas empresarias manejan al conocer su negocio, y el uso de herramientas matemáticas que exploten ese conocimiento y lo estructuren, de forma tal que sirva de fuente para la planificación, programación y control de las operaciones.

Se desarrolla un modelo que parte desde el diagnóstico de necesidades hasta la automatización, mediante una herramienta informática desarrollada en lenguaje Visual Basic en Microsoft Excel, por medio del cual una micro, pequeña o mediana empresa del sector servicios odontológicos puede gestionar sus operaciones, y, mediante el diseño y automatización de indicadores, puede controlar su desempeño para la mejora continua y el aumento de la competitividad en el mercado.

## Lista de tablas

Tabla 1 Personas trabajadoras en empresas odontológicas .....	6
Tabla 2 Valores de P según tamaño de empresa .....	12
Tabla 3 Variables lingüísticas y conjuntos difusos .....	20
Tabla 4 Metodología Instrumental.....	39
Tabla 5 Plan de trabajo .....	44
Tabla 6 Reglas difusas.....	55
Tabla 7 Inventario objetivo por material .....	57
Tabla 8 Inventario objetivo por tipo de broca .....	58
Tabla 9 Citas programadas .....	63
Tabla 10 Indicadores pre y post investigación .....	64



## Lista de figuras

Figura 1: PYMES según tamaño.....	3
Figura 2: PYMES por sector económico .....	3
Figura 3: Planificación, programación y control de operaciones en el sector odontológico.....	16
Figura 4: Funciones de pertenencia.....	27
Figura 5: Función Gamma. ....	28
Figura 6: Función L .....	29
Figura 7: Función Triangular. ....	29
Figura 8: Función Trapezoidal.....	30
Figura 9: Método de Mamdani .....	31
Figura 10: Comparación de los sistemas de inventario.....	35
Figura 11: Metodología de diagnóstico. ....	46
Figura 12: Módulo de registro y seguimiento de historial clínico .....	51
Figura 13: Módulo de programación de citas .....	52

## **Lista de abreviaturas**

**PYMES:** Micro, pequeñas y medianas empresas.

**MEIC:** Ministerio de Economía, Industria y Comercio de Costa Rica.

**DEE:** Directorio de Establecimientos y Empresas.

**INEC:** Instituto Nacional de Estadística y Censos de Costa Rica.



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

SEP Sistema de  
Estudios de Posgrado

**Autorización para digitalización y comunicación pública de Trabajos Finales de Graduación del Sistema de Estudios de Posgrado en el Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica.**

Yo, Randall David Serrano Valenciano, con cédula de identidad 113420762, en mi condición de autor del TFG titulado Modelo basado en la integración de herramientas matemáticas y conocimiento empírico para la planificación, programación y control de operaciones en las PYMES de servicios odontológicos con demanda incierta.

Autorizo a la Universidad de Costa Rica para digitalizar y hacer divulgación pública de forma gratuita de dicho TFG a través del Repositorio Institucional u otro medio electrónico, para ser puesto a disposición del público según lo que establezca el Sistema de Estudios de Posgrado. SI ☒ NO \* ☐

\*En caso de la negativa favor indicar el tiempo de restricción: \_\_\_\_\_ año (s).

Este Trabajo Final de Graduación será publicado en formato PDF, o en el formato que en el momento se establezca, de tal forma que el acceso al mismo sea libre, con el fin de permitir la consulta e impresión, pero no su modificación.

Manifiesto que mi Trabajo Final de Graduación fue debidamente subido al sistema digital Kerwá y su contenido corresponde al documento original que sirvió para la obtención de mi título, y que su información no infringe ni violenta ningún derecho a terceros. El TFG además cuenta con el visto bueno de mi Director (a) de Tesis o Tutor (a) y cumplió con lo establecido en la revisión del Formato por parte del Sistema de Estudios de Posgrado.

**INFORMACIÓN DEL ESTUDIANTE:**

Nombre Completo: Randall David Serrano Valenciano

Número de Carné: B49550 Número de cédula: 113420762

Correo Electrónico: ranserval16@yahoo.com

Fecha: 12 de marzo de 2020 Número de teléfono: 88865460

Nombre del Director (a) de Tesis o Tutor (a): Erick Solano Gámez

  
**FIRMA ESTUDIANTE**

Nota: El presente documento constituye una declaración jurada, cuyos alcances aseguran a la Universidad, que su contenido sea tomado como cierto. Su importancia radica en que permite abreviar procedimientos administrativos, y al mismo tiempo genera una responsabilidad legal para que quien declare contrario a la verdad de lo que manifiesta, puede como consecuencia, enfrentar un proceso penal por delito de perjurio, tipificado en el artículo 318 de nuestro Código Penal. Lo anterior implica que el estudiante se vea forzado a realizar su mayor esfuerzo para que no sólo incluya información veraz en la Licencia de Publicación, sino que también realice diligentemente la gestión de subir el documento correcto en la plataforma digital Kerwá.

## **CAPÍTULO I: EL PROBLEMA Y SU IMPORTANCIA**

### **1.1. Introducción**

Costa Rica es un país que ha venido promoviendo a través de los años el emprendimiento como medio para la generación de empleo y desarrollo económico en general. Existen políticas y mecanismos para tal fin, que persiguen la facilitación de financiamiento y asesoramiento en aspectos de gestión empresarial. Lo cierto es que las empresas, especialmente las micro, pequeñas y medianas (PYMES), deben ajustarse a un mercado sumamente competitivo que agudiza la necesidad de una adecuada administración de los recursos y demás limitaciones con las que se cuentan en el ámbito empresarial actual.

Ante esta necesidad, algunas veces conocida y muchas veces no considerada, muchas PYME emplean la experiencia como medio de planificación, básicamente dependiendo de la prueba y error sin estructuración y de las consecuencias negativas que esta práctica pueda generar. Esto hace que, en general, no se cuente con información para la toma de decisiones y la adecuada planificación, programación y control de las operaciones.

Existen variables no controlables también, el mercado actual es difícil de prever, muchas veces la ausencia de datos o bien el comportamiento de los mismos produce un entorno poco predecible. Ante esto, las técnicas clásicas no proporcionan los resultados esperados para la obtención de información confiable y oportuna que permita contar con un horizonte de planeación adecuado para la empresa.

La variabilidad del mercado, o bien, el desconocimiento de él, agudiza la problemática en el sector servicios, ya que es un mercado en constante crecimiento en Costa Rica, pero de alta “mortalidad” también, lo cual es una contradicción, ya que la industria tiende a convertirse más a los servicios, pero muchas empresas no logran mantenerse competitivas por un período de tiempo prolongado.

Dado lo expuesto, es necesario generar propuestas de alcance real para las PYME, de forma tal que sea posible la planificación, programación y control en un entorno

desconocido o con alta variabilidad. Los servicios de salud y particularmente las empresas dedicadas a servicios odontológicos no escapan de la realidad, por lo que se considera importante generar propuestas de Ingeniería Industrial para este tipo de empresas que no son normalmente consideradas en proyectos de esta índole.

Para la propuesta que se presenta, se busca generar conocimiento acerca de modelos matemáticos alternativos para la planificación, programación y control de operaciones en PYMES del sector servicios, en las que no se cuente con información de la demanda que permita caracterizarla adecuadamente, por lo que los modelos clásicos no representan una herramienta utilizable para estos casos. Particularmente, la investigación puntualizará en PYME que ofrecen servicios odontológicos, ya que se considera un sector poco abordado en lo que respecta a este tipo de propuestas y donde los costos y la naturaleza del servicio, prioriza la necesidad de una adecuada planificación, programación y control de las operaciones.

## **1.2. Justificación de la problemática**

En Costa Rica el ente gubernamental llamado a servir como órgano rector en materia relacionada con el sector empresarial es el Ministerio de Economía, Industria y Comercio (MEIC), el cual maneja un área llamada Directorio de Establecimientos y Empresas (DEE). Este directorio es un registro conformado por todas las empresas del país que se encuentran operando de una manera formal, es decir, las empresas que se encuentran apegadas a lo que la legislación actual demanda para que cualquier organización pueda desenvolverse en algún sector económico del país.

Según el último Estado de Situación de las PYME en Costa Rica, publicado en el año 2016 por el MEIC, se tienen 36 950 empresas registradas en el DEE, de las cuales el 75,8% corresponden a micro, pequeñas y medianas empresas, es decir, la cantidad de PYMES en Costa Rica rondan la cantidad de 28 008 empresas, generando aproximadamente 175 801 puestos de trabajo y un monto de 1 390, 4 millones de dólares en exportaciones, que representa un 14,83% del total de exportaciones del país.

El 75,8% de las PYME en Costa Rica se distribuye de la siguiente manera:

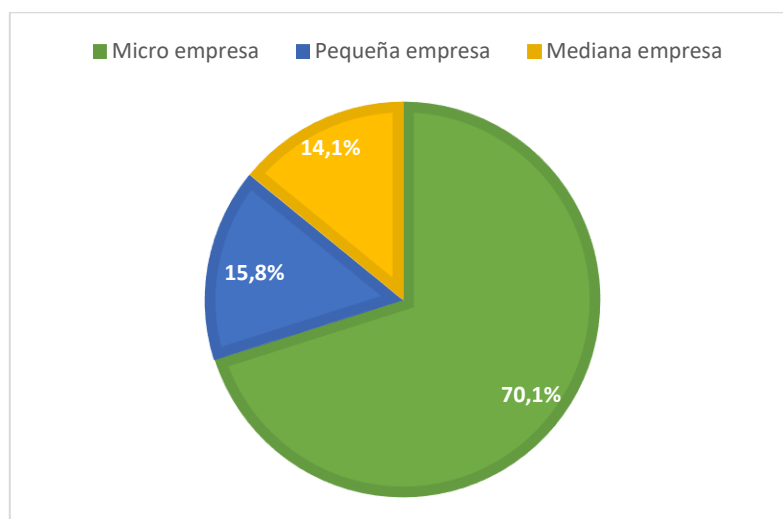


Figura 1: PYMES según tamaño

Fuente: Estado de Situación de las PYME en Costa Rica (2016)

Se denota como las microempresas representan una gran mayoría, considerando aproximadamente un 70% del total de PYMES del país. Mientras que el restante 30% está bastante equilibrado entre pequeñas y medianas empresas.

Con respecto a la distribución por sector económico, el comportamiento aproximado se presenta a continuación:

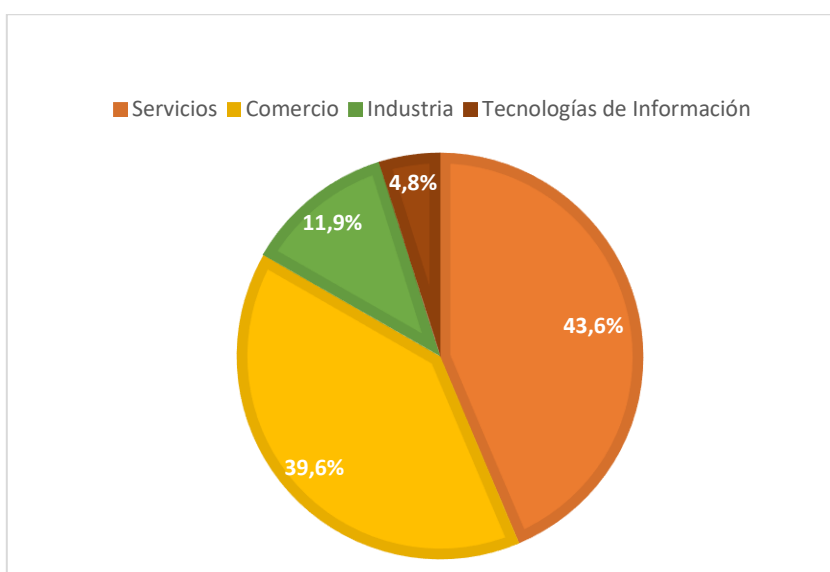


Figura 2: PYMES por sector económico

Fuente: Estado de Situación de las PYME en Costa Rica (2016)

El sector servicios en Costa Rica representa una mayoría con aproximadamente un 43,6%, acercándose casi a la mitad de las empresas del sector PYME registradas ante el MEIC.

Es notable el impacto de las PYMES de servicios en la economía costarricense, y debido a esta significancia, es que se ha considerado este sector como un mercado importante para el desarrollo del proyecto.

La investigación propuesta toma como eje central el otorgar a las PYMES, y más específicamente a las dedicadas a servicios odontológicos, una herramienta que les permita planificar, programar y controlar sus operaciones cuando no se cuentan con datos que permitan el análisis de la demanda y por ende el contar con un horizonte de planeación. Se busca generar un entregable que permita mejorar la competitividad de la empresa en la que es aplicado, proporcionando ventajas competitivas que eviten, en alguna medida, lo expuesto por Avendaño et al. (2017):

Para el 2015, cerca del 80% de las MiPymes creadas no superaba los tres años de vida, esto se debía a factores como la falta de acceso al financiamiento, imposibilidad de explotar economías de escala, la falta de habilidades de sus empleados, pocos accesos a las nuevas tecnologías, entre otras dificultades (p. 126).

Ante esta condición, el proyecto planteado aborda el área de la planificación, programación y control de las operaciones en las PYME del sector servicios odontológicos. El desarrollo de la investigación considera como factor crítico y necesario para cualquier organización la planificación en su concepto integral, pero se hace especial énfasis al área de operaciones, ya que es un factor que es considerado como un pilar fundamental para la competitividad. Pérez (2011) indica al respecto:

Para las Pyme, las operaciones cobran cada vez más importancia, debido al inusual crecimiento de las demandas externas: competencia, globalización, nuevas tecnologías. La participación de los clientes en la cadena de agregación de valor demanda que las empresas estén preparadas para responder ágilmente a los nuevos requerimientos. Las decisiones

operacionales son de carácter táctico, pero también estratégico, porque afectan el largo plazo de las organizaciones (p. 1).

Muchas organizaciones debido a su quehacer diario se han convertido en empresas en las cuales la toma de decisiones se centra en la resolución de problemas en el corto plazo, en donde el tiempo para la planificación es muy limitado o simplemente no existe. Es por esto que se desea generar un modelo capaz de proveer insumos para una planificación adecuada sin necesidad de una inversión alta, tanto de tiempo como de dinero, enfatizando la importancia de un ordenamiento operacional y las ventajas que se pueden reflejar en el éxito de una empresa en el corto, mediano y largo plazo.

En la era actual abundan recursos para las empresas, muchos de ellos tecnológicos, también muchas organizaciones ofrecen capacitaciones y asesorías, existen estudiantes y profesionales que las empresas pueden aprovechar para mejorar sus operaciones, incluso hasta de manera gratuita o de costos accesibles. Sin embargo, a pesar de ello, existen situaciones en las que las herramientas clásicas o más utilizadas en el mercado no son aplicables debido a ciertas particularidades que se expondrán más a profundidad en el desarrollo de la investigación.

La investigación propuesta busca desarrollar una herramienta capaz de apoyar el proceso de planificación, programación y control de las operaciones en una PYME cuando la demanda es desconocida, por lo que representa un recurso para la importante área de operaciones en las PYMES de servicios, que como se ha analizado, representan un sector relevante para el mercado de las empresas costarricenses.

El sector de servicios odontológicos es identificado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) con el código 8620.20. Según información suministrada por esta institución, comprende los siguientes tipos de negocios:

- Arreglo de dientes.
- Atención de salud bucodental.
- Clínica dental.
- Clínicas de odontología.



- Clínicas dentales.
- Consultorios de dentistas.
- Consultorios de endodoncistas.
- Consultorios de ortodoncistas.
- Consultorios de periodoncias.
- Consultorios de prostodoncistas.
- Dentistas, servicio.
- Odontología, especialidades.
- Servicios bucodentales.
- Servicios odontológicos.

Esta información está basada en la Clasificación de Actividades Económicas de Costa Rica (CAECR), la cual es una adaptación de la Clasificación Industrial Internacional de las Actividades Económicas (CIIU).

La cantidad de este tipo de empresas al cierre del año 2017 fue de 726 empresas, las cuales están segmentadas por cantidad de personas trabajadoras según lo muestra la Tabla 1:

Tabla 1 Personas trabajadoras en empresas odontológicas

<b>Intervalo de personas trabajadoras</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Promedio de personas trabajadoras</b>
1 a 5	91,6	2
6 a 30	5,8	10
31 a 100	0,3	38
101 o más	0,1	200
No definido	2,2	-
<b>Total</b>	<b>100,0</b>	<b>3</b>

Fuente: INEC (2018)

Los datos mostrados en la Tabla 1 evidencian una tendencia referente a la cantidad de personas trabajadoras en las empresas del sector servicios odontológicos. Una gran mayoría tiene un promedio de 2 personas laborando, lo cual se liga directamente con el tamaño de la empresa. Se debe considerar que la cantidad de personas trabajadoras no representa el único factor para categorizar a una empresa

por su tamaño, sin embargo, es uno de los factores que representan un peso en el modelo utilizado por el Ministerio de Economía, Industria y Comercio (MEIC) para establecer el tamaño de una empresa. Por este motivo, el sector de las micro, pequeñas y medianas empresas de servicios odontológicos, justifica un área de impacto significativo para el desarrollo de la investigación planteada.

### **1.3. Objetivo general y objetivos específicos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Diseñar un modelo que permita a las PYMES del sector servicios odontológicos, planificar, programar y controlar las operaciones ante una demanda desconocida, haciendo uso de herramientas matemáticas y conocimiento empírico.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Diseñar una metodología de diagnóstico para las micro, pequeñas y medianas empresas del sector odontológico, que permita determinar las principales necesidades en la planificación, programación y control de operaciones, haciendo uso de herramientas de investigación cualitativas y cuantitativas, para establecer las especificaciones del diseño de la solución.
- Desarrollar una herramienta para la planificación, programación y control de operaciones, mediante la integración de herramientas matemáticas y conocimiento empírico, en una PYMES del sector servicios odontológicos con demanda desconocida.
- Validar la propuesta desarrollada mediante un plan piloto en una empresa del sector servicios odontológicos, de manera que se permita evidenciar las bondades de la implementación del modelo en la industria.

### **1.4. Factibilidad del proyecto de investigación**

Considerando que, en Costa Rica, los temas relacionados con la micro, pequeña y mediana empresa, han sido promovidos en los últimos años por una gran diversidad de instituciones y organizaciones que han fungido como actores en todo el sistema de apoyo para el desarrollo de las empresas, se cuenta con muchas fuentes de información que son aprovechables para muchas fases de la investigación

planteada. Entre algunos actores que se pueden mencionar se tienen incubadoras, bancos, universidades (UCR, UNA, UNED, ITCR, UTN), empresas, instituciones públicas como el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), El Ministerio de Economía, Industria y Comercio (MEIC), el Instituto Costarricense de Estadística y Censos (INEC) y muchas otras en las que se pueden encontrar investigaciones, propuestas y estudios que permitirán el desarrollo de una investigación basada en información que ya se encuentra disponible, lo que respalda en una gran medida la factibilidad del proyecto propuesto.

Las empresas de servicios y especialmente las PYME del sector odontológico, no son las más privilegiadas en cuanto a desarrollo de propuestas para la planificación, programación y control de sus operaciones, ya que muchas herramientas existentes se han orientado mayormente al área de la manufactura y para grandes empresas. El proyecto propuesto tiene una alta gama de posibles empresas interesadas en el entregable que se planea desarrollar, debido precisamente a que las propuestas que se desarrollan no están apuntando al sector que en la presente investigación se toma en cuenta, tanto a nivel del sector empresarial como del área temática, por lo que se considera factible aprovechar esta necesidad para validar la propuesta.

Por último, el tema de modelos matemáticos heurísticos corresponde a un área en constante crecimiento en las últimas décadas, por lo que se cuenta con suficiente literatura y casos prácticos para respaldar la propuesta de manera teórica y aplicativa, buscando innovación, pero a la vez apegándose al conocimiento y evidencia que se ha desarrollado en otros trabajos afines.

### **1.5. Alcances de la investigación y limitaciones**

El desarrollo de este proyecto tiene como fin implementar diversas herramientas y técnicas de la Ingeniería Industrial para generar un aporte a las PYMES del sector servicios odontológicos, acerca de cómo se puede planificar, programar y controlar sus operaciones ante una demanda desconocida. La aplicación se hará en una empresa en particular que servirá para ejecutar y validar la propuesta. Es importante considerar que aplicar el modelo en otra empresa o sector podría requerir algunos ajustes, esto debido a la variabilidad que puede presentarse de una empresa a otra.

Lo que se busca con la investigación es diseñar una modelo aplicable a las PYME del sector servicios odontológicos dada su caracterización general y que sea replicable al segmento en consideración. A nivel particular el modelo funcionaría como marco de referencia, el cual puede ser aplicado por una persona que tenga el conocimiento para adaptarla. El alcance del proyecto queda delimitado a desarrollar una teoría aplicable a nivel general, pero ajustada a una PYME en particular.

Además de lo expuesto anteriormente, el proyecto tiene un alcance de una planificación, programación y control a corto plazo o mediano plazo, ya que la variabilidad y/o desconocimiento del comportamiento de la demanda hace muy riesgoso considerar propuestas a largo plazo. Por este motivo el proyecto facilita la previsión de la demanda, facilita la toma de decisiones con respecto a inventarios, programación de citas, compras y analiza los recursos necesarios para la operación de la empresa. La planificación de capacidad a largo plazo y la generación de estrategias generales no se encuentran dentro del alcance de la investigación propuesta.

## **Capítulo II: Marco Teórico**

### **2.1. Referencia contextual**

En esta sección se aborda la contextualización en la que se circunscribe la investigación planteada, además se abordan referencias teóricas de investigaciones desarrolladas anteriormente, en donde se trató el tema del uso de conocimiento empírico y herramientas matemáticas en el área de la ingeniería y el desarrollo de propuestas afines a la naturaleza del proyecto propuesto.

La presente investigación cuenta con variables suficientemente desarrolladas en la actualidad por los teóricos del área temática en estudio, sin embargo, debido a la naturaleza del sector al que se está dirigiendo el proyecto, la definición de algunas ideas no están necesariamente establecidas en el entorno actual.

La planificación, programación y control de operaciones es un tema clásico de la Ingeniería Industrial, ampliamente estudiado y aplicado normalmente en empresas de manufactura. El hecho de abordar a empresas PYME del sector servicios y, particularmente, del área odontológica, obliga a desarrollar un adecuado marco referencial que soporte la propuesta a ser desarrollada.

#### **2.1.1. Micro, Pequeña y Mediana Empresa (PYME)**

El concepto de micro, pequeña y mediana empresa tiene una alta variedad de definiciones, incluso en el ámbito costarricense. En el sitio web oficial que se autodefine como la ventanilla única para las PYMES de Costa Rica, considera PYME como toda aquella unidad productiva “de carácter permanente que disponga de los recursos humanos, los maneje y opere, bajo las figuras de persona física o de persona jurídica, en actividades industriales, comerciales, de servicios o agropecuarias que desarrollen actividades de agricultura orgánica” (PYMES Costa Rica, 2018).

Además de lo definido anteriormente, para que una empresa sea categorizada como PYME debe cumplir el aspecto relativo a su tamaño, es decir, debe ser micro, pequeña o mediana. Este aspecto es uno de los factores que presenta varios escenarios entre organizaciones e instituciones. Un concepto generalmente

aceptado es categorizar el tamaño de la empresa según la cantidad de personas colaboradoras. Sin embargo, esta definición no está apegada a la Ley de Costa Rica, ya que la función para determinar la condición PYME de una empresa, tiene como variables independientes, además de la cantidad de personas colaboradoras, el valor de las ventas anuales netas y el valor de los activos.

El Ministerio de Economía Industria y Comercio (MEIC) es el ente que establece los parámetros para la fórmula que define el tamaño de una empresa. Incluso, la fórmula presenta singularidades según el sector económico de la organización evaluada.

Según el último Estado de Situación de las PYME en Costa Rica, las fórmulas establecidas son las siguientes:

Para el sector industrial:

$$P = \left( \frac{0,6 \cdot pe}{100} + \frac{0,3 \cdot van}{1\,765\,000\,000} + \frac{0,1 \cdot ate}{1\,103\,000\,000} \right) \cdot 100$$

Para los sectores comercio y servicios:

$$P = \left( \frac{0,6 \cdot pe}{30} + \frac{0,3 \cdot van}{3\,084\,000\,000} + \frac{0,1 \cdot ate}{964\,000\,000} \right) \cdot 100$$

Para el subsector tecnologías de información:

$$P = \left( \frac{0,6 \cdot pe}{50} + \frac{0,3 \cdot van}{3\,084\,000\,000} + \frac{0,1 \cdot ate}{964\,000\,000} \right) \cdot 100$$

Donde:

*P: Puntaje obtenido por la empresa.*

*pe: Personal promedio empleado por la empresa durante el último período fiscal.*

*van: Valor de las ventas anuales netas de la empresa en el último período fiscal.*

*ate: Valor de los activos totales netos de la empresa en el último período fiscal.*

La condición PYME se establece según los parámetros mostrados en la Tabla 2:

Tabla 2 Valores de P según tamaño de empresa

Tamaño de la empresa	Valor de P
Micro	$P \leq 10$
Pequeña	$10 < P \leq 35$
Mediana	$35 < P \leq 100$

Fuente: MEIC (2018)

En la página web PYMES Costa Rica se puede acceder a una sección en la que se facilita el cálculo y la categorización de la empresa mediante la automatización de las fórmulas y los resultados.

Para el desarrollo de la investigación planteada se considera como empresa del sector servicios odontológicos a toda aquella organización, micro, pequeña o mediana, que brinda servicios de salud vinculados a la prevención, diagnóstico y tratamiento de enfermedades que afectan la zona mandibular y la cavidad oral en general.

### **2.1.2. Planificación, Programación y Control de Operaciones**

Las operaciones de una organización representan un eslabón crítico en la conceptualización de la calidad por parte del cliente. Chase y Jacobs (2014) define operaciones como “los procesos de manufactura, servicio y atención médica mediante los cuales los recursos de una empresa se transforman en los productos deseados por los clientes” (p. 6).

Cabe resaltar la naturaleza táctica que tienen las decisiones que se toman referentes a las operaciones en una empresa. A pesar de esto, estas decisiones repercuten en la estrategia general de la organización y en algunas ocasiones son de importancia superlativa, ya que la competitividad, productividad y eficiencia de la

empresa depende en gran medida del desempeño que registra en sus operaciones. Render y Heizer (2007) se refiere al respecto:

Para crear bienes y servicios se necesita transformar los recursos en bienes y servicios. Cuanto más eficiente hagamos la transformación, más productivos seremos y mayor será el valor agregado a los bienes y servicios entregados. La productividad es la razón entre salidas (bienes y servicios) y una o más entradas o insumos (recursos como mano de obra y capital). El trabajo del administrador de operaciones es mejorar la razón entre salida e insumo, y mejorar la productividad significa mejorar la eficiencia (p. 13).

El hacer el trabajo aprovechando al máximo los recursos disponibles hace que la organización sea eficiente y ante este panorama se tiene la base para competir en el mercado. Para lograr esto, entre otras cosas se requiere, una adecuada planificación, programación y control de las operaciones.

¿Cómo se planifica, programa y controla?

Existe una gran cantidad de definiciones para este concepto, generalmente vinculadas al área de manufactura de bienes. Rodríguez (2010) define el proceso para la planificación, programación y control de operaciones de la siguiente manera:

En una primera etapa se realiza la Planificación agregada de la producción, en la que se determina la cantidad de producción y su desarrollo en el tiempo a mediano plazo a través de familias de productos. Posteriormente, estos cálculos mensuales se disgregan semana a semana tomando en consideración las particularidades de cada producto, para así programar su elaboración. Esta información alimenta un sistema de planificación de materiales, equipos y otros recursos que deberá alinearse para cumplir con las metas establecidas en el plan. Definidas las rutas de fabricación, se pone en marcha un último eslabón en el que se coordina la labor productiva y se ejecutan los mecanismos para su control (p. 2).

Según el artículo citado, la planificación, programación y control de la producción se divide en cuatro etapas:



- Planificación agregada (determinación de la cantidad de producción).
- Plan maestro de producción (disgregación de la cantidad de producción).
- Planificación de los requerimientos (materiales, equipos y demás recursos).
- Control de la producción (programación de “piso”).

Para cada una de las fases analizadas existen una serie de herramientas ampliamente estudiadas y aplicadas en la industria.

Para las primeras dos etapas se hace necesario contar con una adecuada previsión de la demanda de cada una de las familias de productos y, de manera particular, para la disgregación se requiere un conocimiento claro del comportamiento de cada producto y su demanda para la creación de un Plan Maestro de Producción, el cual brinda información más específica de las cantidades a producir. Por lo general para estas etapas se utilizan modelos de pronósticos, cualitativos y cuantitativos, que permiten la proyección de datos.

Para la tercera etapa, se utiliza generalmente una Planeación de Requerimiento de Materiales (MRP) y además la cuantificación de la capacidad instalada requerida y de cualquier otro recurso dependiente de la demanda que se deba considerar para hacer posible la producción.

La cuarta etapa corresponde a la producción en sí, generalmente para este tipo de gestión se emplean algoritmos de secuenciamiento y herramientas que consideran la capacidad de las operaciones, el trabajo en proceso, la acumulación de trabajos pendientes, cuellos de botella y, en general, técnicas que buscan la optimización del flujo y la producción.

Como se ha comentado, es notable la inclinación que tiene la misma teoría hacia la manufactura. Debido a esto, se deben vincular estos conceptos al sector servicios y específicamente a servicios odontológicos.

### **2.1.3. Sector servicios odontológicos**

Los servicios cuentan con ciertas particularidades más intangibles con respecto a las operaciones de manufactura. En servicios existe un mayor contacto con el cliente, la interacción entre la empresa y sus clientes es más personal y dinámica,

situación que convierte en crítica la adecuada atención en el servicio para lograr la satisfacción total del cliente. Dentro de varias diferencias que se pueden citar con respecto a servicios y manufactura, Chase y Jacobs (2014) se refiere a que la calidad se percibe por medio de un conjunto de parámetros, que llama, “paquete de características”:

Instalaciones de apoyo (ubicación, decoración, distribución, idoneidad arquitectónica, equipamiento).

Bienes que faciliten las cosas (variedad, consistencia, cantidad de bienes materiales que entraña el servicio; por ejemplo, los alimentos propios del servicio de restaurante).

Servicios explícitos (capacitación del personal de servicio, consistencia en la prestación del servicio, acceso al servicio, y su posibilidad y duración).

Servicios implícitos (actitud de los prestadores, ambiente, tiempo de espera, condiciones, privacidad y seguridad, y comodidad) (p. 8-9).

Las empresas de servicios odontológicos corresponden a un sector en el que precisamente las variables mencionadas anteriormente son de primordial importancia para brindar el servicio. Se tienen aspectos de infraestructura física, variedad de materiales, muchos de alto costo, posibilidad y duración del servicio, actitud de los prestadores, tiempo de espera, privacidad, seguridad y comodidad. Por lo general, estas características son buscadas por los clientes de servicios odontológicos y, cabe resaltar, que muchas de estas características están relacionadas con la planificación, programación y control de las operaciones, por lo que están naturalmente ligadas a la investigación planteada.

Dada la definición de la planificación, programación y control de operaciones y la conceptualización del sector servicios y sus particularidades, es importante la integración y contextualización de ambos conceptos para la investigación propuesta.

¿Qué se considera en la investigación como planificación, programación y control de operaciones en PYME del sector servicios odontológicos?

Tomando algunos conceptos de las definiciones clásicas referentes a la planificación, programación y control de operaciones, se ha construido el siguiente esquema que integra los conceptos y la relación entre estos en el sector servicios odontológicos.

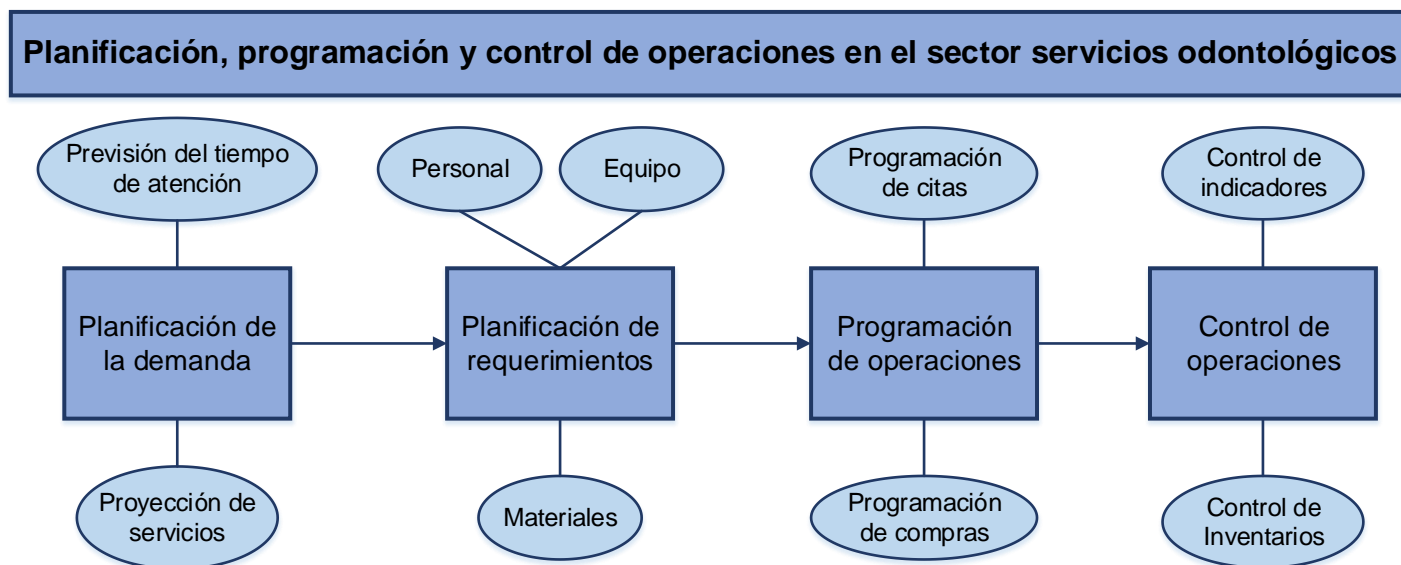


Figura 3: Planificación, programación y control de operaciones en el sector odontológico

Fuente: Elaboración propia (2018)

Una particularidad que se debe considerar del sector servicios es lo complicada o inexacta que puede ser la estimación del tiempo de atención, ya que todos los servicios son diferentes y el encontrar una estandarización es generalmente poco posible. En el proyecto planteado se tomará en cuenta este factor ya que es una variable de entrada necesaria para la programación de las operaciones.

Con respecto al control de inventarios, se debe recalcar que debido a las diferencias analizadas entre el sector producción y el sector servicios, en muchas ocasiones no es tarea sencilla lo referente a esta área. Johnson et al. (2012) indican que “la variabilidad del suministro, de la producción y de la demanda complica la realización de pronósticos, la planeación y el control de inventarios” (p.196).

La referencia hace mención a que en determinadas situaciones de variabilidad es complicada la realización de pronósticos, planeación y control de inventarios,

componentes que forman parte del objeto de estudio del presente proyecto. Este aspecto es precisamente lo que se quiere facilitar con la investigación, ¿cómo planificar, programar y controlar en un entorno de demanda desconocida?

#### **2.1.4. Empresa colaboradora**

En esta sección se describe la organización en la que se ejecutará la validación del diseño desarrollado.

La empresa Tres Ríos NeoClinic es una organización que ofrece servicios de salud de manera integral. Los servicios a nivel general se detallan a continuación:

- Medicina general.
- Medicina mixta.
- Odontología.

Para efectos de la investigación planteada se está enfocando el diseño y validación en el área de odontología.

La empresa Tres Ríos NeoClinic cuenta con 6 personas colaboradoras, incluyendo el propietario Dr. Rodrigo Álvarez Pérez, Médico Cirujano y Odontólogo.

La empresa cuenta con 10 años en el mercado, y ha manifestado su interés en mejorar la planificación de sus operaciones, esto debido a que los esfuerzos se han orientado históricamente a la parte técnica de salud propiamente.

El diagnóstico a la empresa se expondrá más adelante con el desarrollo del objetivo 1 del estudio, a partir de dichos resultados se desarrollará un diseño acorde a la empresa y sus necesidades.

Se debe aclarar que, aunque el proyecto se validará en esta organización, el desarrollo de la investigación está orientada a todo el sector de empresas odontológicas, por lo que lo propuesto puede ser replicado en otra empresa de esta naturaleza.

### **2.1.5. Investigaciones afines**

Como parte de la referencia contextual, se analizan algunas propuestas desarrolladas anteriormente que fungen de base y apoyo teórico para el logro de los objetivos planteados.

Una de las motivaciones que influyeron en la inspiración para el desarrollo de la investigación planteada, es la percepción de que la satisfacción de los clientes (pacientes), está relacionada con la planificación, programación y control de operaciones en las empresas de servicio odontológicos. La satisfacción del cliente no es tema central del estudio, pero es un factor que en definitiva forma parte del conglomerado de actores que se vinculan al tema del proyecto. Relacionado con esto, se tiene la referencia de la tesis desarrollada por Pashanaste y Pinedo (2016), titulada “Tiempo de espera y satisfacción de usuarios en consulta externa del centro de salud Moronacocha, Iquitos 2015”. Esta investigación desarrolla un estudio estadístico que concluye que existe una relación estadísticamente significativa entre el tiempo de espera total del servicio y la satisfacción de los usuarios del centro de salud.

La programación de citas es parte del diseño que se desea desarrollar, de forma tal que se realice una calendarización que propicie el cumplimiento del horario establecido para cada una de las citas, por lo que la investigación de Pashanaste et al. (2016) refuerza la importancia que tiene para un centro de salud el cumplimiento de los tiempos acordados con los clientes.

Relacionado con el tema de tiempos de espera, y más ligado a la aplicación de herramientas propias de la ingeniería industrial, se encuentra la tesis doctoral desarrollada por Moya (2005) titulada “Aplicación de un modelo de simulación a la gestión de las listas de espera de consultas externas de cirugía de un hospital comarcal”. Esta investigación considera la demora en la atención de los servicios de salud como un problema social, y utiliza la simulación como herramienta para analizar el sistema actual y proponer alternativas para la adecuada priorización de casos y optimización de consultas externas.

Para el estudio planteado, como parte del diseño para la planificación, programación y control de operaciones, se utilizará la simulación como insumo para la programación de citas en la clínica odontológica Tres Ríos NeoClinic.

Una de las fases más importantes para la planificación de cualquier empresa en la previsión de la demanda, para lo cual, el proyecto planteado, utilizará la lógica difusa como herramienta para desarrollar un modelo de pronósticos, incluso influenciando la propuesta referente al control de inventarios.

En sus orígenes la lógica difusa se direccionó a estudios de índole computacional, de ingeniería electrónica, de ingeniería mecánica y en general, en el desarrollo de tecnología. En los últimos años las aplicaciones se han diversificado en la medida en que el conocimiento de la herramienta ha proliferado en varios ámbitos de estudio y en el entorno organizativo moderno. La necesidad de tomar decisiones ante entornos desconocidos, o bien, no caracterizables, ha producido que la lógica difusa se extienda en su ámbito de aplicación.

Para efectos de la presente investigación, conviene contextualizar la orientación que se le va a dar a la teoría. Es por esto que se hace referencia al trabajo de Escobar y Taracena (2008) titulado: “Modelo para el ajuste de pronósticos agregados utilizando lógica difusa”.

Este modelo resulta tener un alto grado de relación con la investigación planteada, pues los pronósticos representan una etapa muy importante para la planificación, programación y control de las operaciones. Los autores hacen referencia a la necesidad de utilizar la lógica difusa debido a tres factores:

- Incertidumbre relacionada con la información disponible.
- Desconocimiento de la demanda histórica.
- Los métodos clásicos no consideran factores influyentes en el comportamiento observado.

Para el modelo desarrollado se definieron 3 variables lingüísticas, cada una con 3 conjuntos difusos, tal y como se representa en la Tabla 3:

Tabla 3 Variables lingüísticas y conjuntos difusos

<b>Variable lingüística</b>	<b>Conjunto difuso</b>
Temporada	Baja
	Media
	Alta
Competencia	Poco
	Medio
	Grande
Percepción del cliente	Mala
	Regular
	Buena

Fuente: Elaboración propia (2018)

Según lo expuesto en el trabajo, las variables lingüísticas fueron definidas considerando que son los factores que afectan la demanda del producto analizado. Escobar y Taracena (2008) presentan todo el desarrollo del modelo, en el que se aplica la teoría de la lógica difusa, obteniendo un ajuste al pronóstico original. De esta manera Escobar y Taracena (2008) concluyen que la proyección lograda es más representativa según el entorno de la empresa.

Una aplicación de la lógica difusa en la Ingeniería Industrial que es muy común en el desarrollo de proyectos es la optimización con programación matemática, generalmente programación lineal, considerando variables difusas. Ejemplo de esto es el proyecto desarrollado por Vergara y Gaviria (2009).

El proyecto consiste en la modelación de un problema de programación lineal en el que algunos coeficientes de los sistemas de inecuaciones, que representan las

restricciones del modelo, no se conocen de manera precisa. En esta investigación se presenta un modelo de planificación de la producción en donde se consideran las siguientes restricciones:

- Restricciones de materiales.
- Restricciones de inventario.
- Políticas de horarios, contrataciones, despidos y subcontratación.
- Restricciones de capacidad.
- Restricciones de mercado.

Para este caso en particular, las restricciones que contaban con coeficientes imprecisos eran las de mercado, por lo que el modelo recurrió a la lógica difusa para una representación más acertada de la realidad.

Los trabajos desarrollados en el área de la Ingeniería Industrial están muy ligados a lo expuesto en la presente sección, especialmente se ha identificado una alta aplicación en modelos lineales de optimización. Existen áreas afines en las que se han aplicado modelos difusos, como es el caso presentado por Arango et al. (2012), en el artículo titulado “Inferencia difusa aplicada a la ingeniería concurrente para el diseño de productos de manufactura en condiciones de incertidumbre”.

Arango et al. (2012) desarrolla un modelo para empresas pequeñas y medianas del sector confección, en donde las variables de entrada analizadas fueron las necesidades del cliente en cuanto a costo, textura, tiempo de entrega e innovación. El hecho de que el modelo va direccionado a un sector en particular de empresas pequeñas y medianas liga naturalmente el trabajo referenciado con el estudio que se está desarrollando. Arango et al. (2012) concluyen que el modelo difuso les permite considerar aspectos de incertidumbre que se presentan en el diseño y desarrollo de productos.

Particularmente conviene referenciar el proyecto desarrollado por Castaño (2016) en la Universidad de Sevilla, titulado: “Previsión de la demanda para productos perecederos mediante Lógica Difusa”. En esta investigación se desarrolla un modelo para realizar pronósticos, lo cual es parte de la investigación que se está desarrollando, y, además, se presenta una metodología de defusificación que será



la utilizada como referencia para aplicarla en el presente proyecto. El proceso de defusificación utilizado se le cita con el nombre de “suma de raíces cuadradas”, el cual se ve aplicado paso a paso en el documento desarrollado por Castaño (2016).

Las investigaciones afines al estudio planteado son muy variadas y adaptables para muchas situaciones en el área de la planificación, programación y control de operaciones. Lo que se busca con la investigación es generar un modelo que integre los factores requeridos por las micro, pequeñas y medianas empresas de servicios odontológicos, considerando que la orientación del trabajo es para entornos con desconocimiento de la demanda o para comportamientos no caracterizados de la misma.

## **2.2. Referencia conceptual**

En esta sección se abordan los conceptos y teorías desarrolladas en la que se basará la investigación para el desarrollo de la solución al problema planteado.

### **2.2.1. Heurística**

En la ciencia en general y, específicamente en la ingeniería, existen problemas que son complejos de modelar, de resolver o ambos. Ante circunstancias de esta índole las herramientas clásicas muchas veces no representan un modelo adecuado para la solución del problema, por lo que recurrir a planteamientos heurísticos representa una solución atractiva, tanto por su practicidad como por las soluciones obtenidas. Taha (2012) se refiere al respecto:

Una heurística es una técnica de búsqueda directa que utiliza reglas favorables prácticas para localizar soluciones mejoradas. La ventaja de la heurística es que en general determina (buenas) soluciones con rapidez, utilizando reglas de solución simples. La desventaja es que la calidad de la solución (con respecto a la óptima) suele desconocerse (p. 351).

Los modelos heurísticos representan una alternativa para la ingeniería en cuanto a la resolución rápida y simple de problemas complejos o de situaciones en las que no se cuenta con la información requerida para la aplicación de otras herramientas

especializadas, tal es el caso del área temática comprendida en la presente investigación.

Los modelos más conocidos para la planificación, programación y control de operaciones son un compendio de herramientas integradas que solucionan varios problemas, como la proyección de datos, la optimización de funciones matemáticas, algoritmos de secuenciamiento y demás técnicas normalmente aplicadas. Por lo general, este tipo de herramientas requieren ciertos parámetros para ser aplicables que en la cotidianeidad moderna de las organizaciones no necesariamente se tienen presentes. Por ejemplo, para aplicar modelos de proyección de datos se requiere información histórica que sea capaz de representar un comportamiento en cuanto a tendencias, estacionalidades y variabilidad en general. Al igual que para otros modelos citados anteriormente y herramientas en general de índole operativa, se requiere información, algunas veces determinística y otras veces estocástica, pero que sea caracterizable, es decir, modelable según su variabilidad. El no contar con estas premisas, hace que el problema de la planificación, programación y control de las operaciones sea muy complejo de resolver y es precisamente por esto que la propuesta presentada busca generar una alternativa para estos casos particulares, pero tan repetitivos en el mercado empresarial actual, un modelo matemático heurístico para resolver el problema en cuestión. Aliseda (2000) se refiere al concepto de heurística:

La palabra heurística, como muchas otras ricas en contenido, aparece en más de una categoría gramatical. Cuando se encuentra como sustantivo se identifica con el arte o la ciencia del descubrimiento. Cuando aparece como adjetivo se refiere a cosas más concretas como estrategias heurísticas, reglas heurísticas o incluso silogismos y conclusiones heurísticas. Claro está que estos dos usos están íntimamente relacionados ya que la heurística usualmente propone estrategias heurísticas que guían el descubrimiento (p. 9).

Se entiende como heurística al uso de mecanismos, no tradicionales, para el descubrimiento de una solución aceptable, no necesariamente óptima, de un

problema. Incluso en la definición dada se cita la palabra silogismo, lo que dota al concepto de componentes filosóficos, apuntando al área de la lógica.

Existen muchas herramientas en la ciencia e ingeniería que se basan en la heurística, incluso propiamente en la Ingeniería Industrial se tiene modelos aceptados en la comunidad como herramientas clásicas del área. Tal es el caso del modelo Silver Meal para determinar el tamaño de lote en inventarios o bien el Método Heurístico de Ardalan para problemas de localización. Incluso existen algoritmos híbridos en donde se emplean técnicas heurísticas y métodos de optimización, como lo es el Algoritmo Simplex.

La investigación planteada busca desarrollar un modelo integral para facilitar la planificación, programación y control de las operaciones en micro, pequeñas y medianas empresas de servicios odontológicos que cuentan con una demanda desconocida, y para este fin, se busca proponer un modelo basado en herramientas matemáticas, algunas de ellas heurísticas, como lo es la lógica difusa.

### **2.2.2. Lógica Difusa**

La lógica difusa, también llamada lógica borrosa o lógica heurística, se ha convertido en una técnica con múltiples aplicaciones en la informática, la mecánica, la electrónica y la ingeniería en general.

Una de las particularidades de la lógica difusa es la utilización de variables lingüísticas, que son una manera de concretar un “valor” sin estar necesariamente utilizando números, lo cual lo hace sumamente aplicable en la vida cotidiana para situaciones en las que se desconoce propiamente el valor numérico de una variable, pero se tiene una “idea”, a veces clara, a veces difusa, del valor, por lo que se representa como una variable lingüística. Salas (s.f.) se refiere al respecto:

En la vida cotidiana se utilizan palabras para describir variables, por ejemplo, cuando se dice hoy hace calor es equivalente a decir la temperatura actual es alta, se utiliza la palabra alta, para describir la temperatura actual, esto es, la variable temperatura actual toma la palabra alta como su valor, que también puede tomar algún número por ejemplo 28 °C. Cuando una variable

toma números como sus valores, se tiene un marco de trabajo bien formulado matemáticamente, pero cuando una variable toma palabras como sus valores no se tiene un marco de trabajo formal matemáticamente, de aquí que el concepto de variable lingüística se introduce, si una variable puede tomar palabras en lenguaje natural como sus valores, esta es llamada variable lingüística. (p. 2)

Salas (s.f.), además, ejemplifica el concepto de lógica difusa:

Se basa en reglas heurísticas de la forma SI (antecedente) ENTONCES (consecuente), donde el antecedente y el consecuente son también conjuntos difusos, ya sea puros o resultado de operar con ellos. Sirvan como ejemplos de regla heurística para esta lógica (nótese la importancia de las palabras "muchísimo", "drásticamente", "un poco" y "levemente" para la lógica difusa):

- SI hace muchísimo calor ENTONCES disminuyo drásticamente la temperatura.
- SI voy a llegar un poco tarde ENTONCES aumento levemente la velocidad (p. 3).

Considerando lo anterior, se interpreta que la lógica difusa no se trata de un mecanismo binario, es decir, no basta con la consideración de interpretaciones precisas, pues no siempre están presentes, en muchas ocasiones se tienen resultados intermedios, grises, no solo blancos y negros.

Se hace referencia a situaciones en las que no se cuenta con una definición clara de pertenencia, lo cual se define como un proceso difuso. Pérez y León (2007) ofrecen una explicación a este concepto:

Por procesos difusos, se entiende un tipo de imprecisión que está asociada con conjuntos difusos, esto es, clases en las cuales no hay una transición tajante de pertenencia a no pertenencia. Por ejemplo, la clase de objetos azules es un conjunto difuso. Al igual lo son las clases de objetos caracterizados por adjetivos tan comunes como: largo, pequeño, significativo,

importante, caliente, frío, serio, simple, etc. Realmente en el mundo que nos rodea hay pocas clases en las cuales existan fronteras bien delimitadas que separan aquellos objetos que pertenecen a una clase de aquellos que no pertenecen.

En este sentido es importante notar que, en las comunicaciones entre humanos, expresiones como “Juan es varios centímetros más alto que Pedro”, “x es mucho más largo que y” aportan información a pesar de lo impreciso de su definición. De hecho, se podría decir que la mayor diferencia entre inteligencia humana y la inteligencia en máquinas recae en la habilidad exhibida por los humanos para manejar conceptos difusos y a responder a instrucciones difusas. Es así como hoy en día es imposible decirle a una computadora que mueva “un poquito” el cursor hacia la derecha sin caer en la necesidad de aportar el dato numérico exacto para realizar dicha operación (p. 13).

Una de las principales bondades de la lógica difusa, que en la presente investigación se busca explotar, es la de interpretar toda esa información que se puede aprovechar cuando en el entorno hay imprecisión, y con esto facilitar la toma de decisiones. Pérez y León (2007) definen más formalmente que los “conjuntos difusos son utilizados para representar la imprecisión asociada a la definición de los límites de un conjunto” (p.p. 13-14).

Matemáticamente la lógica difusa se centra en la utilización de funciones de pertenencia a los conjuntos difusos, en donde se relaciona la variable lingüística con un valor de pertenencia al conjunto difuso (valor lingüístico). A este proceso de asignar el valor de pertenencia se le conoce como la fase de “fusificación”.

A nivel formal, matemáticamente se define a un conjunto difuso de la siguiente manera:

$$\mu_A(x): U \rightarrow [0,1]$$

La función  $\mu_A(x)$  le asigna un valor entre cero y uno a la variable  $x \in U$  ( $U$  es el conjunto de los valores numéricos posibles, llamado conjunto discurso), dicho valor

representará el grado de pertenencia de  $x$  con el conjunto difuso  $A$ . Un valor cercano a 1 indica un grado alto de pertenencia, la cual disminuye conforme el valor se acerque a 0. De esta forma el valor numérico estará relacionado en cierto grado con uno o más conjuntos difusos, relación con la que, en principio, no se contaba.

Se propone el siguiente caso referente al tiempo de atención en un consultorio dental para ejemplificar los conceptos básicos de la lógica difusa:

Se define el conjunto  $U$  como todos los posibles tiempos de atención en un servicio de consulta dental. Sea de 10 minutos a 240 minutos.

Se consideran tres conjuntos difusos: “Rápido”, “Normal” y “Lento”.

A continuación se representa gráficamente una posible relación entre  $U$  y el grado de pertenencia a cada conjunto.

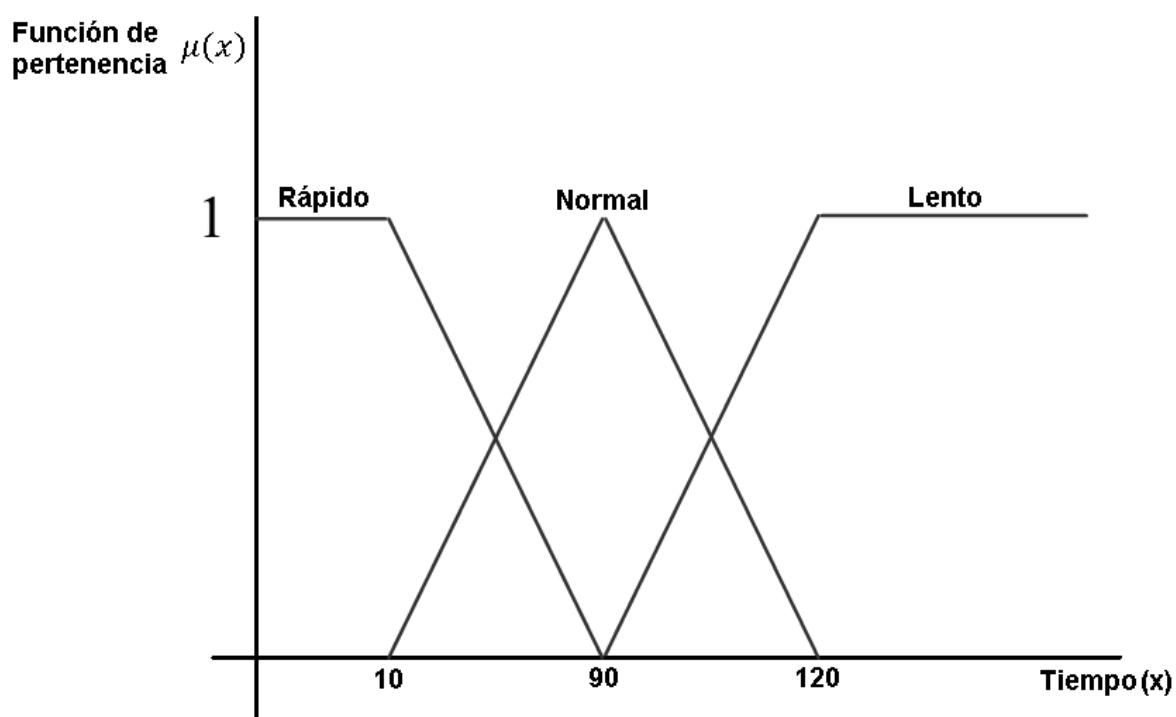


Figura 4: Funciones de pertenencia

Fuente: Elaboración propia (2018)

Si se tiene, por ejemplo, que el tiempo de atención fue de 95 minutos, para el conjunto “Normal” se cuenta con una pertenencia más alta que para el conjunto “Lento”, por este motivo se considera que el valor 95 es más normal que lento. A

nivel general, en este caso particular, una duración de cero a diez minutos sería considerada como “Rápido”, para valores superiores a 10 minutos el servicio comienza a alejarse de “Rápido” y conforme la duración aumenta la pertenencia a “Normal” también lo hace. Para valores superiores a 90 minutos, el conjunto “Rápido” no está en el ámbito de pertenencia, y aparece el conjunto “Lento”, el cual conforme el tiempo del servicio aumente, el grado de pertenencia también lo hará, y disminuirá para el conjunto “Normal”. En otras palabras, un tiempo de atención de 118 minutos es más lento que normal, tiene un grado de pertenencia mayor al conjunto difuso “Lento” que al conjunto difuso “Normal”.

Tal y como se ha comentado, la relación existente entre el valor del conjunto discurso  $U$  y el grado de pertenencia se modela mediante una expresión matemática que se le conoce como función de pertenencia. Existen muchas funciones que sirven como modelo para establecer esta relación, algunas de ellas se presentan a continuación.

Función Gamma.

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & \text{para } x \leq a \\ \frac{x-a}{m-a} & \text{para } a < x < m \\ 1 & \text{para } x \geq m \end{cases}$$

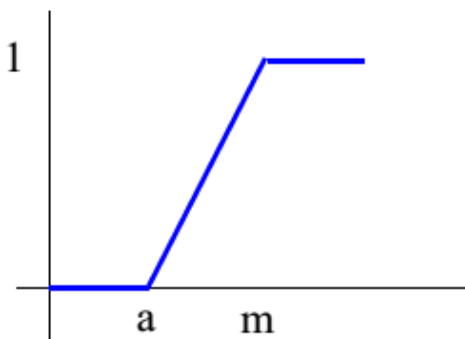


Figura 5: Función Gamma.

Fuente: Millán (2005)

## Función L.

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & \text{para } x \geq m \\ 1 - \frac{x-a}{m-a} & \text{para } a < x < m \\ 1 & \text{para } x \leq a \end{cases}$$

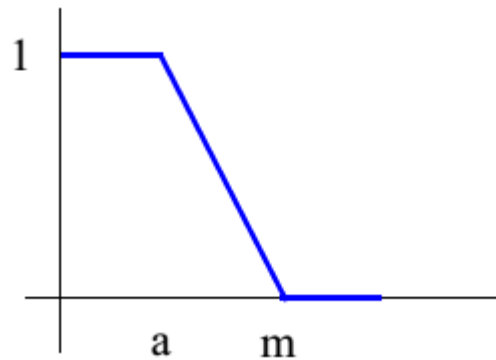


Figura 6: Función L

Fuente: Millán (2005)

## Función Triangular.

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & \text{para } x \leq a \\ \frac{x-a}{m-a} & \text{para } a < x \leq m \\ \frac{b-x}{b-m} & \text{para } m < x \leq b \\ 0 & \text{para } x > b \end{cases}$$

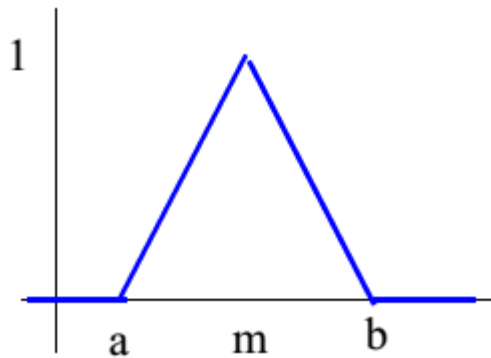


Figura 7: Función Triangular.

Fuente: Millán (2005)



Función Trapezoidal.

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & \text{para } x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & \text{para } a < x \leq b \\ 1 & \text{para } b < x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & \text{para } c < x \leq d \\ 0 & \text{para } x > d \end{cases}$$

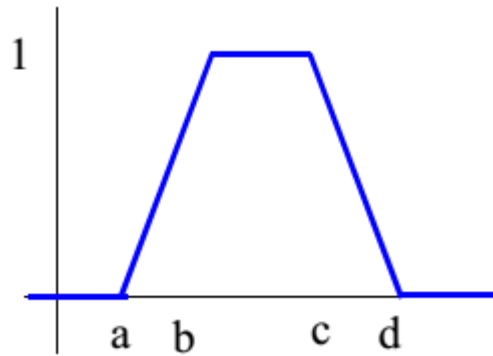


Figura 8: Función Trapezoidal

Fuente: Millán (2005)

Para la elección de la o las funciones a utilizar, se debe considerar el comportamiento matemático de cada función y su relación con la naturaleza del fenómeno que se está estudiando. Por ejemplo, las funciones que tienen dos parámetros modelan situaciones en donde existen conjuntos difusos extremos, tal es el caso de “mucho” y “poco” o “caliente” y frío”. Las funciones con más parámetros agregan conjuntos difusos intermedios, por ejemplo “pequeño”, “mediano” y “grande” o “malo”, “regular” y “bueno”.

Las funciones de pertenencia son el medio matemático para el proceso de fusificación, sin embargo, el proceso general para aplicar la lógica difusa a la toma de decisiones, llamado sistema de inferencia difusa, tiene más componentes. En la investigación planteada se utilizará el método de inferencia de Mamdani, el cual es muy utilizado y representa una herramienta aplicable para los objetivos perseguidos en el estudio. La Figura 9 ilustra las etapas del Método Mamdani.

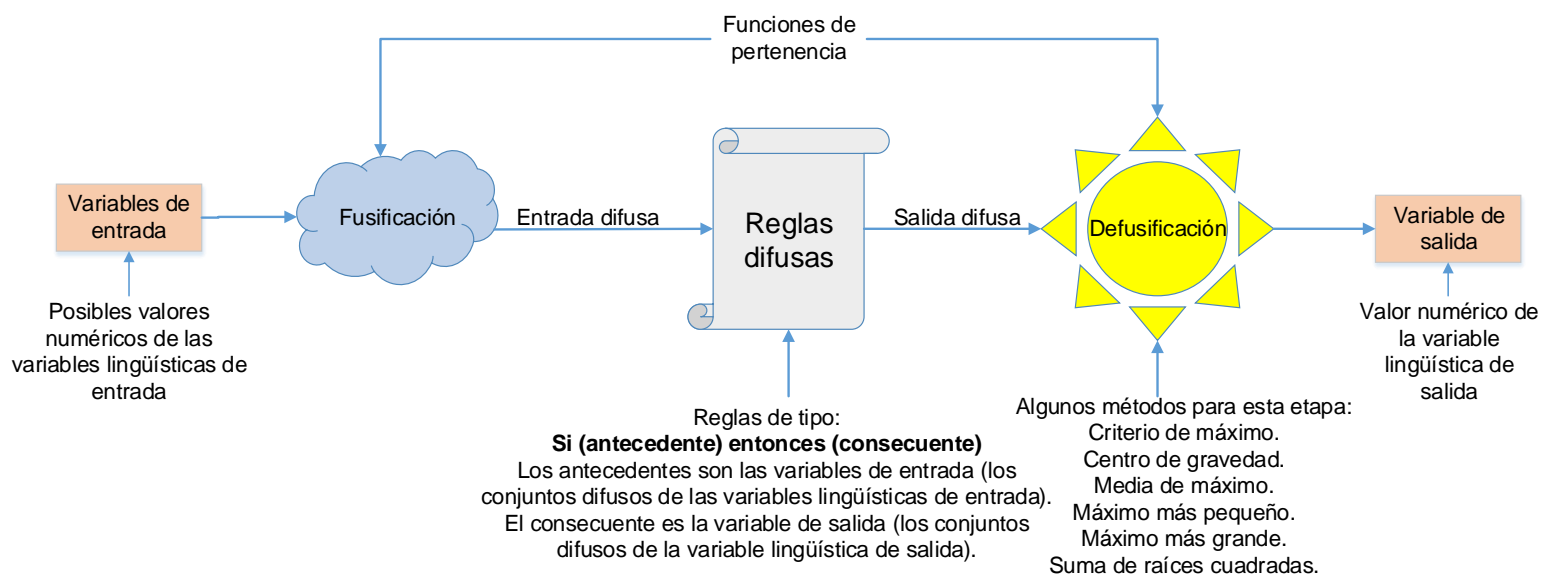


Figura 9: Método de Mamdani  
Fuente: Elaboración propia (2019)

Cabe destacar que cada etapa del método de Mamdani tiene sus particularidades según la aplicación y objeto de estudio que se esté presentando. Por ejemplo, si una regla difusa tiene más de un antecedente, entonces se tienen varios valores difusos de entrada, si la condición para los antecedentes corresponde a un “y” se elige el mínimo de los valores, mientras que si la condición es un “o” se elige el valor máximo. Además, como se describe en la imagen presentada, existen varios métodos de defusificación, la elección dependerá mucho del analista, sin embargo, cabe mencionar que el más utilizado es el método del centro de gravedad.

Para efectos de la investigación planteada y con el fin de agilizar la aplicación de la herramienta para la toma de decisiones, se utilizarán medios tecnológicos que apoyarán el proceso para la obtención de información. Existen varias opciones de programas computacionales, para el caso en estudio se programará en Microsoft Excel el método de defusificación utilizado por Castaño (2016), el cual se puede modelar utilizando el método de Mamdani con los detalles analizados anteriormente.

La lógica difusa es una herramienta de una gama alta de opciones matemáticas que permiten, de una u otra forma, utilizar conocimiento empírico para la obtención de

resultados para la solución de problemas en el área de ingeniería. Otra opción que el proyecto planteado utilizará es la simulación.

### **2.2.3. Simulación**

Existen situaciones en las que no es posible resolver problemas de manera analítica, esto es, encontrar una solución exacta siguiendo procedimientos establecidos que aseguran la solución de un planteamiento dado. Ante un escenario de este tipo y, considerando, la presencia de variables con comportamiento estocástico, la simulación es una herramienta muy importante y útil que permite obtener resultados funcionales para resolver problemas en ingeniería. Acuña (2015) se refiere al respecto:

La simulación también se puede definir como una herramienta poderosa y útil para modelar matemáticamente una realidad y se basa en el principio de que una respuesta aproximada para un problema exacto es siempre mejor que una respuesta exacta para un problema aproximado (p. 18).

La simulación garantiza flexibilidad para la resolución de problemas, sin garantizar que necesariamente se obtendrá un resultado óptimo, pero sí representativo y útil para la problemática estudiada.

Generalmente, la simulación utiliza distribuciones de probabilidad como insumo para la generación de escenarios, dichas distribuciones son utilizadas según el comportamiento histórico de la variable. Sin embargo, para efectos de la presente investigación, se está considerando un escenario en donde no se cuenta con dichos históricos, por lo que esta caracterización no sería posible. Para esta situación, se tiene la opción de utilizar el modelo de distribución triangular, el cual Acuña (2015) lo explica:

La distribución triangular es una distribución de aproximación que se usa especialmente cuando no se cuenta con información real o histórica del comportamiento de una determinada variable o no hay el tiempo suficiente para recolectar la información requerida.

Esta distribución, que debe utilizarse solo cuando no se conozca la información suficiente para poder ajustar alguna de las distribuciones vistas anteriormente, se basa en tres valores: un mínimo llamado  $a$ , una moda llamado  $b$  y un máximo llamado  $c$ .

Estos valores son el resultado de una aproximación empírica realizada por parte de un equipo de personas que conocen el comportamiento de la variable en estudio y que por lo tanto tienen criterio para establecer esos valores de  $a$ ,  $b$  y  $c$ . No es posible hacer conjeturas fuera del intervalo establecido (p. 54).

Naturalmente esta explicación que ofrece Acuña (2015) se liga a la investigación planteada, pues precisamente se combina una herramienta matemática con conocimiento empírico, algo no tan distante a lo analizado en el apartado de lógica difusa.

Para generar variables aleatorias triangulares, es decir, simular que una variable se comporta según los parámetros empíricos establecidos, se utiliza el siguiente algoritmo, explicado por Acuña (2015):

1. Seleccionar dos números aleatorios distribuidos  $R_1$  y  $R_2$ .
2. Es  $R_1 < \frac{b-a}{c-a}$  entonces:  $x = a + (b - a) \cdot \sqrt{R_2}$
3. Si no lo es entonces:  $x = c - (c - b) \cdot \sqrt{R_2}$
4. Repetir los pasos 1, 2 y 3 para generar más variables aleatorias (p.114).

Este algoritmo se utilizará en el desarrollo del proyecto planteado, de manera programada en Excel como una pieza particular del modelo general a ser diseñado.

#### **2.2.4. Sistemas de inventario**

Los inventarios representan un área de estudio representativa en la teoría de la planificación, programación y control de operaciones. Krajewski et al. (2008) lo explican:

La administración de inventarios, es decir, la planificación y control de los inventarios para cumplir las prioridades competitivas de la organización, es un motivo importante de preocupación para todos los gerentes de todo tipo de empresas. La administración eficaz de los inventarios es esencial para realizar el pleno potencial de toda cadena de valor. Para las compañías que operan con márgenes de utilidad relativamente bajos, la mala administración de los inventarios puede perjudicar gravemente sus negocios. El desafío no radica en reducir los inventarios a su mínima expresión para abatir los costos, ni en tener inventario en exceso para satisfacer todas las demandas, sino en mantener la cantidad adecuada para que la empresa alcance sus prioridades competitivas de la forma más eficiente posible (p. 462).

Parte de la gestión de inventarios en una organización corresponde a los sistemas de inventarios. Según Chase y Jacobs (2014) “un sistema de inventario proporciona la estructura organizacional y las políticas operativas para mantener y controlar los bienes en existencia” (p. 561).

Entre otras consideraciones, para lo que respecta a la presente investigación, conviene diferenciar dos tipos de sistemas de inventarios, los sistemas basados en modelos de cantidad de pedido fija (modelo Q) y los sistemas basados en modelos de período fijo (modelo P). Chase y Jacobs (2014) se refiere al respecto:

La distinción fundamental es que los modelos de cantidad de pedido fija se basan en sucesos, y los modelos de período fijo, en el tiempo. Es decir, un modelo de cantidad de pedido fija inicia un pedido cuando ocurre el acto de llegar a un nivel específico en el que es necesario volver a hacer un pedido. Este acontecimiento puede presentarse en cualquier momento, según la demanda de las piezas consideradas. En cambio, el modelo de período fijo se limita a hacer pedidos al final de un período determinado; el modelo se basa solo en el paso del tiempo. Para aplicar el modelo de cantidad de pedido fija (que hace un pedido cuando el inventario restante baja a un punto predeterminado, R) es necesario vigilar continuamente el inventario restante. Por tanto, el modelo de cantidad de pedido fija es un sistema perpetuo, que

requiere que, cada vez que se retire o añada algo al inventario, se actualicen los registros para que reflejen si se llegó al punto en que es necesario pedir de nuevo. En un modelo de periodo fijo, el conteo se lleva a cabo solo en el periodo de revisión (p. 564).

Según las definiciones presentadas, y reforzando la explicación con la Figura 10, la decisión acerca de cuál sistema utilizar no necesariamente recae en la preferencia de la persona analista o en las bondades y caracterización general de los sistemas presentados, si no que bajo determinadas circunstancias y naturaleza de una organización, es posible que solamente se pueda aplicar uno de ellos.

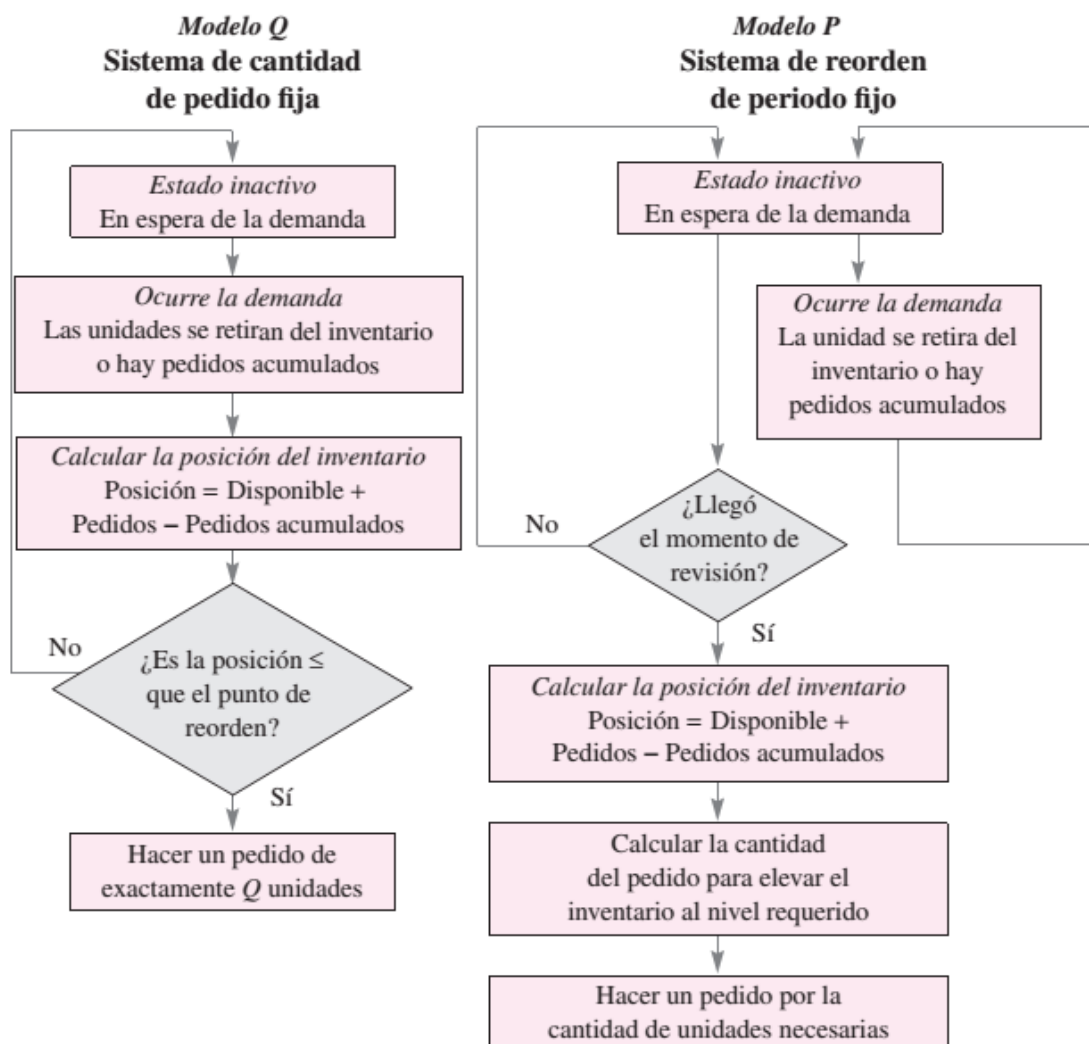


Figura 10: Comparación de los sistemas de inventario.  
Fuente: Chase y Jacobs (2014)

Para efectos de la investigación planteada se tomarán en cuenta las nociones teóricas expuestas para el desarrollo de un modelo que se adecúe a las necesidades de las etapas que se deben integrar para la planificación, programación y control de operaciones. Esto direccionado a los requerimientos en las micro, pequeñas y medianas empresas del sector servicios odontológicos que cuentan con una demanda incierta.

## Capítulo III: Metodología de la investigación

### 3.1. Tipo de investigación

En la presente sección se presenta la metodología para el desarrollo de la investigación planteada. Debido a la naturaleza del proyecto, el tipo de investigación no se encasilla en su totalidad en un modelo específico, por esta razón se considera una investigación mixta, en donde se consideran, mayoritariamente, elementos de investigación cualitativa y algunos rasgos de investigación cuantitativa.

El trabajo tiene como finalidad el diseño de un modelo para la planificación, programación y control de operaciones en micro, pequeñas y medianas empresas (PYMES) del sector servicios odontológicos que cuentan con una demanda desconocida. Debido a que el sector al que va dirigido el proyecto y la problemática considerada no son muy abordados en este tipo de investigaciones y, además, que se trata de aplicación de herramientas matemáticas y conocimiento empírico, se considera una investigación de tipo exploratoria, ya que se trata de un tratamiento no clásico de problemas poco estudiados que sirve de base para nuevas propuestas futuras que permeen de manera más integral los temas y el sector tratado en el presente trabajo.

Una parte fundamental de la investigación es el diagnóstico de las características que deben estar presentes en una PYME para que sea aplicable la propuesta, por este motivo es que el estudio cuenta con rasgos de investigación cualitativa, por lo que se utilizarán herramientas como el grupo focal, entrevistas, investigación bibliográfica, consulta a organizaciones públicas y demás fuentes disponibles para la adquisición de información que sirva como base para el logro de los objetivos planteados.

### 3.2. Definición de los elementos de estudio

En la presente sección se tiene como fin el brindar la definición de los elementos que serán objeto de estudio en la investigación.

**Sector servicios odontológicos:** El sector servicios odontológicos está compuesto por toda aquella organización dedicada a la prestación de servicios relacionados



con salud buco dental. Es de importancia relevante el estudiar este elemento, caracterizarlo según la realidad operativa en la que está inmerso para entender sus necesidades en cuanto a planificación, programación y control de operaciones.

**Análisis de la demanda en servicios odontológicos:** El tratamiento que se les da a los datos de la demanda en PYMES del sector servicios odontológicos es un factor crítico para el desarrollo de la investigación planteada. El estudio de este elemento servirá para conocer la situación de este tipo de organizaciones en cuanto a la planificación, programación y control de sus operaciones, ya que es uno de los primeros pasos a realizar para lograr dicho cometido.

**Control de inventarios:** El control de inventarios lo componen todas las actividades referentes a la administración de las materias primas para la ejecución del servicio. La planificación de compras, el establecimiento de puntos de reorden, tiempos de revisión, registro físico y/o digital de materiales, equipo y, en general, todo lo requerido para la operación del negocio.

**Programación de citas:** Este elemento se refiere a la manera en que se toman decisiones referentes a la asignación de citas. Esto conlleva la calendarización, el control de la posibilidad de ejecución del servicio en determinada fecha y hora, el tiempo de espera de los clientes, el manejo de cancelación de citas y el mejor uso del tiempo operativo.

**Capacidad instalada:** La capacidad instalada es un elemento que se relaciona con la planificación de citas. Por lo general, el recurso humano requerido en una empresa de servicios odontológicos se limita a la persona profesional que atiende directamente al paciente y, en algunas ocasiones, una persona asistente. Además, debido a la variedad de servicios que regularmente se ofrecen, se requiere la coordinación con personas profesionales especialistas que brindan una atención más específica. El elemento de capacidad instalada se debe estudiar para conocer la manera en que se toman estas decisiones.

**Indicadores:** Los indicadores son un elemento crucial para el control y la propuesta de mejoras. Se debe estudiar de qué forma una empresa de la naturaleza de interés

diseña indicadores y los opera en sus actividades cotidianas para la toma de decisiones.

### 3.3. Diseño instrumental

En la Tabla 4 se muestra una guía para el análisis de información correspondiente a las distintas etapas del estudio planteado.

Tabla 4 Metodología Instrumental

Objetivo	Actividad	Herramienta	Entregable
<b>Objetivo 1:</b> Diseñar una metodología de diagnóstico para las micro, pequeñas y medianas empresas del sector odontológico, que permita determinar las principales necesidades en la planificación, programación y control de operaciones.	Diseño de la metodología. Aplicación de la metodología a empresas. Determinación de la empresa donde ejecutar la validación.	Cuestionarios guía. Lista de chequeo.	Metodología para el diagnóstico. Empresa para la ejecución de la validación del sector odontológico.
<b>Objetivo 2:</b> Desarrollar una herramienta para la planificación, programación y control de operaciones.	Desarrollar el modelo teórico para la planificación, programación y control de las operaciones en PYMES del sector servicios odontológicos con demanda desconocida.	Lógica difusa. Simulación. Sistemas de inventario.	Diagramado del modelo para la síntesis del procedimiento a seguir. Hoja Electrónica programada en Excel que permita la planificación, programación y control de operaciones.

Objetivo	Actividad	Herramienta	Entregable
<p><b>Objetivo 3:</b></p> <p>Validar la propuesta desarrollada mediante un plan piloto en una empresa del sector servicios odontológicos, de manera que se permita evidenciar las bondades de la implementación del modelo en la industria.</p>	<p>Ejecución del plan piloto en una PYME del sector servicios odontológicos.</p>	<p>Modelo desarrollado y hoja de cálculo programada.</p>	<p>Análisis de resultados y recomendaciones.</p>

Fuente: Elaboración propia (2018)

### 3.4. Metodología de análisis de la información recolectada

Los insumos principales para el desarrollo de la presente investigación corresponden a información que se recabará de fuentes primarias y secundarias referentes al sector odontológico. Para esto se realizarán entrevistas con empresarios del sector y, especialmente, con la persona representante de la empresa en donde se validará la propuesta, la cual se definirá conforme se avanza en el estudio.

La información recolectada se utilizará para fines académicos, además se algunos datos que los informantes claves consideren sensibles, se manejarán de manera confidencial.

La información obtenida es un factor crítico para el desarrollo del estudio planteado, el modelo a desarrollar responderá a los datos e información que las fuentes consultadas provean. Debido a la utilización de técnicas cualitativas, el papel de la persona investigadora cobra mucha relevancia, debido a la interpretación y profundidad requerida para la consecución de los objetivos planteados.

Debido a que la información que se requiere no tiene fines inferenciales, la herramienta que se utilizará será la entrevista cualitativa, con respecto a esta herramienta, Hernández et al. (2010) la definen como una “reunión para conversar e intercambiar información entre una persona (el entrevistador) y otra (el entrevistado) u otras (entrevistados)” (p. 418). Además, agregan que en la entrevista “a través de las preguntas y respuestas, se logra una comunicación y la construcción conjunta de significados respecto a un tema” (p. 418).

Para el estudio planteado precisamente se requiere la construcción de algunos significados en conjunto, donde los criterios y experiencia tanto de la persona empresaria como de la persona investigadora, al integrarse, propiciarán el desarrollo de un diseño que solucione la problemática abordada en la presente investigación. Algunas características de la entrevista cualitativa que Hernández et al. (2010) indican en su obra, se detallan a continuación:

1. El principio y el final de la entrevista no se predeterminan ni se definen con claridad, incluso las entrevistas pueden efectuarse en varias etapas. Es flexible.
2. Las preguntas y el orden en que se hacen se adecuan a los participantes.
3. La entrevista cualitativa es en buena medida anecdótica.
4. El entrevistador comparte con el entrevistado el ritmo y la dirección de la entrevista.
5. El contexto social es considerado y resulta fundamental para la interpretación de significados.
6. El entrevistador ajusta su comunicación a las normas y lenguaje del entrevistado.
7. La entrevista cualitativa tiene un carácter más amistoso.
8. Las preguntas son abiertas y neutrales, ya que pretenden obtener perspectivas, experiencias y opiniones detalladas de los participantes en su propio lenguaje (p. 419).

Se aprovechará la flexibilidad que caracteriza la herramienta para la recolección e interpretación de la información requerida. Debido a que el sector meta de la

investigación es poco estudiado en materia de planificación, programación y control de operaciones, se considera necesario un abordaje más personal y abierto, naturaleza propia de la entrevista cualitativa.

Como se ha comentado, no se tienen objetivos referentes a inferencias estadísticas, sin embargo, la cantidad de entrevistas a aplicar es un aspecto relevante a tomar en cuenta. Con respecto a esto, Kvale (2011) indica al respecto:

La respuesta para la pregunta habitual acerca de las investigaciones con entrevistas, “¿cuántos sujetos de entrevista necesito?”, es simple: “entrevista a cuantos sea preciso para averiguar lo que necesitas saber”. En los estudios de entrevistas cualitativas, el número de sujetos tiende a ser demasiado pequeño o demasiado grande. Si el número es demasiado pequeño, es difícil generalizar y no es posible comprobar hipótesis de diferencias entre grupos o hacer generalizaciones estadísticas. Si el número de sujetos es demasiado grande, apenas habrá tiempo para hacer análisis perspicaces de las entrevistas (p.71).

Kvale (2011) se refiere a una cantidad en específica al comentar que “en los estudios más comunes de entrevistas, la cantidad de éstas tiende a estar en torno a  $15 \pm 10$ .” (p.71). Para los efectos de la presente investigación, inicialmente se considera la cantidad de 7 entrevistas. En caso de que se considere la necesidad de aplicar más, el tamaño aumentará hasta contar con la información necesaria para la investigación, esto considerando lo que el autor analizado sugiere.

#### **3.4.1. Escala de Likert.**

Para el desarrollo de herramientas que permitan la recolección de información, la investigación utilizará la escala de Likert como un recurso que apoyará actividades de diagnóstico necesarias para el logro de los objetivos planteados.

Hernández et al. (2010) definen el concepto de la siguiente manera:

Este método fue desarrollado por Rensis Likert en 1932; sin embargo, se trata de un enfoque vigente y bastante popularizado. Consiste en un conjunto de ítems presentados en forma de afirmaciones o juicios, ante los cuales se

pide la reacción de los participantes. Es decir, se presenta cada afirmación y se solicita al sujeto que externe su reacción eligiendo uno de los cinco puntos o categorías de la escala. A cada punto se le asigna un valor numérico. Así, el participante obtiene una puntuación respecto de la afirmación y al final su puntuación total, sumando las puntuaciones obtenidas en relación con todas las afirmaciones (p.245).

Particularmente, se planea utilizar una escala de Likert para el diseño de una herramienta de verificación, la cual será parte del proceso de diagnóstico para el estudio propuesto.

### **3.5. Metodología de validación**

La investigación propuesta tiene como uno de sus objetivos validar el modelo desarrollado. Para este objetivo se propone realizar una comparación entre un escenario donde no se aplique el modelo para la planificación, programación y control de operaciones y otro donde sí se utilice la herramienta desarrollada.

La validación se ejecutará en una micro, pequeña o mediana empresa del sector servicios odontológicos. Se considera importante la caracterización previa del sector, conocer la manera en que planifican, programan y controlan sus operaciones, para así analizar y elegir la empresa donde se realizaría la validación.

Si la empresa donde se validará utiliza indicadores de desempeño, se pueden analizar y/o modificar según la propuesta. Si no utiliza, en la etapa de diseño se deben plantear, pues para el control es crítico el contar con indicadores que reflejen resultados de las operaciones. Se pueden mencionar a manera de ejemplos como posibles indicadores, el tiempo de espera de los clientes o la cantidad de servicios que no se pueden programar debido a falta de material.

La validación debe reflejar un antes y después para así analizar las bondades y mejoras que se le pueden aplicar al modelo desarrollado. Para la presente investigación se considera la utilización de indicadores como un adecuado mecanismo no solo para el control de operaciones, sino también para validar la propuesta.

Además, se utilizaría la herramienta de diagnóstico diseñada en el objetivo 1 para una segunda aplicación, de esta manera se busca evaluar el cambio en el diagnóstico una vez que se haya ejecutado y validado el modelo.

### 3.6. Plan de trabajo

Tabla 5 Plan de trabajo

<b>Actividad</b>	<b>Comienzo</b>	<b>Fin</b>
<b>Problema y su importancia</b>	<b>27/8/2018</b>	<b>2/9/2018</b>
Antecedentes	27/8/2018	28/8/2018
Justificación	28/8/2018	29/8/2018
Objetivo general	29/8/2018	30/8/2018
Objetivos específicos	30/8/2018	31/8/2018
Factibilidad	31/8/2018	1/9/2018
Alcances y limitaciones	1/9/2018	2/9/2018
<b>Marco teórico</b>	<b>17/9/2018</b>	<b>17/10/2018</b>
Referencia conceptual	17/9/2018	22/9/2018
Referencia teórica	22/9/2018	2/10/2018
Referencia contextual	2/10/2018	17/10/2018
<b>Metodología de la investigación</b>	<b>17/10/2018</b>	<b>21/10/2018</b>
Tipo de investigación	17/10/2018	18/10/2018
Definición de elementos de estudio	18/10/2018	20/10/2018
Diseño instrumental	18/10/2018	20/10/2018
Metodología de análisis	18/10/2018	20/10/2018
Metodología de validación	20/10/2018	21/10/2018
Plan de trabajo	20/10/2018	21/10/2018
<b>Objetivo 1</b>	<b>7/1/2019</b>	<b>11/2/2019</b>
Diseño de la metodología	7/1/2019	22/1/2019
Aplicación de la metodología	22/1/2019	6/2/2019
Análisis de información	6/2/2019	11/2/2019
Definición de la empresa para validar	6/2/2019	11/2/2019

<b>Objetivo 2</b>	<b>11/2/2019</b>	<b>23/3/2019</b>
Diseño de la propuesta	11/2/2019	26/2/2019
Programación en hoja de cálculo	26/2/2019	13/3/2019
Pruebas piloto	13/3/2019	23/3/2019
Mejoras	13/3/2019	23/3/2019
<b>Objetivo 3</b>	<b>13/3/2019</b>	<b>30/5/2019</b>
Coordinación con empresa	13/3/2019	23/3/2019
Definición de indicadores	13/3/2019	23/3/2019
Aplicación del modelo	23/3/2019	22/5/2019
Análisis de indicadores	22/5/2019	27/5/2019
Observaciones al modelo	22/5/2019	27/5/2019
<b>Conclusiones</b>	27/5/2019	30/5/2019
<b>Recomendaciones</b>	27/5/2019	30/5/2019

Fuente: Elaboración propia (2018)



## Capítulo IV: Desarrollo y resultados

En esta sección se presentan los detalles referentes al desarrollo de las actividades y acciones que se requieren ejecutar para el diseño de los entregables ligados a cada uno de los objetivos planteados en la presente investigación.

### 4.1. Metodología de diagnóstico

Se plantea el diseño de una metodología de diagnóstico de PYMES del sector odontológico. El diagnóstico busca detectar la necesidad de una empresa en particular de implementar una propuesta para la planificación, programación y control de operaciones.

La Figura 11 ilustra la metodología diseñada para el diagnóstico:

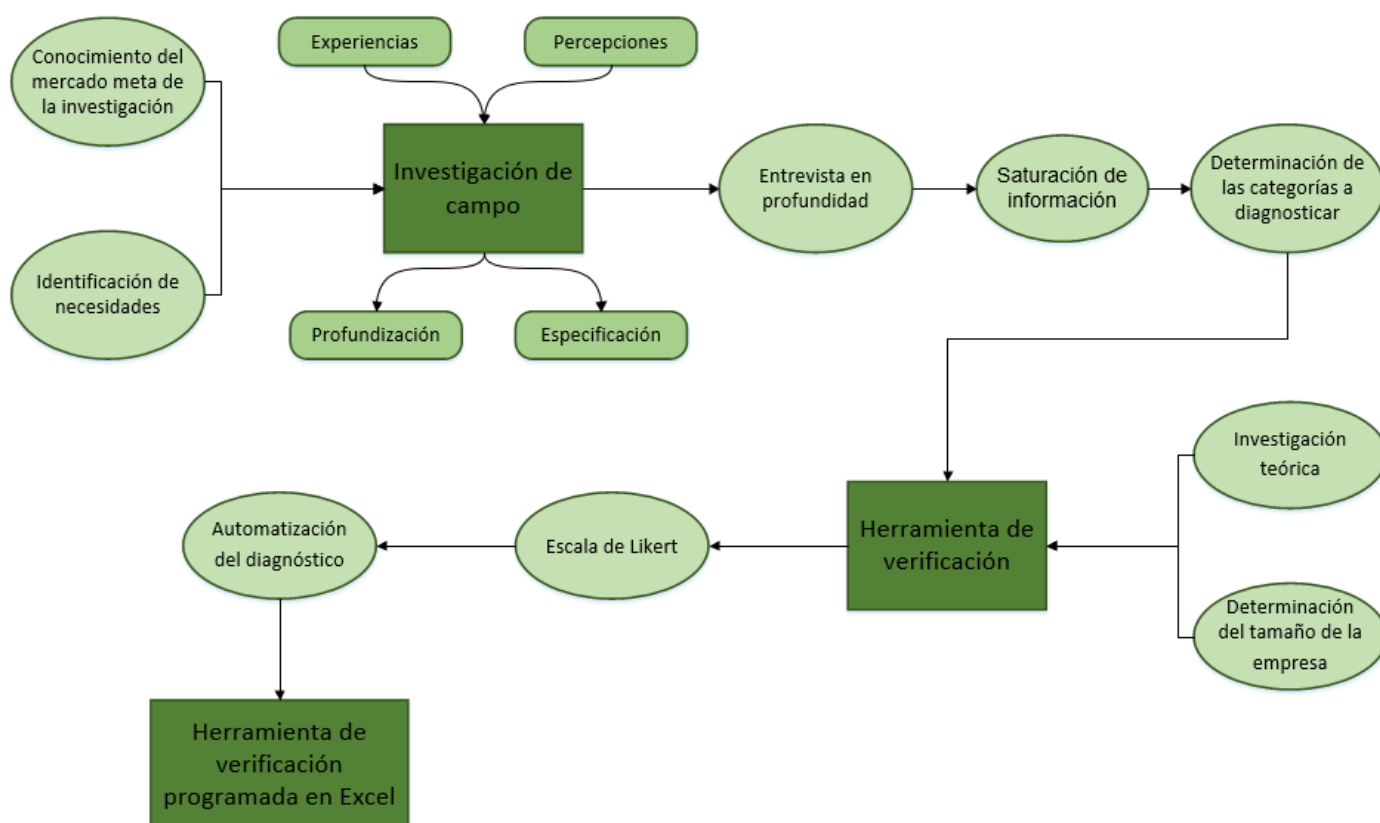


Figura 11: Metodología de diagnóstico.

Fuente: Elaboración propia (2019)

#### **4.1.1. Investigación de campo**

La investigación de campo se basó en la necesidad de obtener información profunda y específica, esto quiere decir que el requerimiento informativo requería un abordaje cualitativo, en donde a la persona investigadora se le permita extraer información de una manera más personalizada y guiada según los objetivos de la investigación.

Para estos fines, según lo abordado en el marco metodológico, se requieren herramientas como la entrevista en profundidad. Para dicha entrevista se utilizó la guía presentada en el Apéndice 1.

Según el resumen de las entrevistas efectuadas (Apéndice 2), las categorías en donde se obtuvo saturación de información fueron las siguientes:

- Previsión de la demanda.
- Planificación de compras.
- Programación de citas.
- Control de existencias.
- Control de costos.
- Diseño y control de indicadores.

Esta información obtenida se utilizó para el diseño de la herramienta de verificación, la cual se abordará en la siguiente sección.

#### **4.1.2. Herramienta de verificación**

Para la elaboración de la herramienta de verificación se procedió al diseño de un instrumento de tipo “lista de chequeo” que permitiera el diagnóstico de una manera ágil y que fuera posible su automatización. Para estos efectos se utilizó una escala de Likert y se diseñaron ítems considerando los siguientes insumos:

- Información de la investigación de campo.
- La investigación teórica, información concretada en los marcos de referencia.
- La metodología del Ministerio de Economía, Industria y Comercio de Costa Rica (MEIC) para la clasificación de los tamaños de empresas.

La herramienta de verificación resultante se presenta en el Apéndice 3.

#### **4.1.3. Automatización del diagnóstico**

Para la automatización del diagnóstico se utilizó el software Microsoft Excel, en el que se formuló la metodología del MEIC para la categorización del tamaño de una empresa. Esta metodología está descrita en la referencia teórica de la presente investigación. Para efectos de la herramienta, el tamaño de la empresa aparece automáticamente al digitar la siguiente información:

- Personal promedio empleado por la empresa.
- Valor de las ventas anuales netas
- Valor de los activos totales netos.

Seguidamente se programó la herramienta de verificación de forma tal que la persona usuaria debe seleccionar una opción de la escala de Likert para cada uno de los ítems redactados, tras completar el formulario automáticamente aparece una calificación entre 0 y 100. Este valor representa una medida de la situación de la empresa y permite contar con un parámetro que resume la información del diagnóstico aplicado a la organización.

#### **4.1.4. Aplicación de la herramienta de verificación**

Una vez diseñada la herramienta de verificación, se aplicó a la empresa Tres Ríos NeoClinic, contando con la colaboración del Dr. Rodrigo Álvarez Pérez, profesional en Medicina, Cirugía y Odontología.

Según los datos suministrados, Tres Ríos NeoClinic es una empresa categorizada como pequeña. Con respecto a la herramienta de verificación, la empresa obtuvo una calificación de 51, la cual, al ser un valor intermedio, la califica como una empresa adecuada para el diseño y validación de la propuesta, ya que evidencia necesidades significativas en cuanto a la planificación, programación y control.

Los resultados obtenidos se muestran en el Apéndice 4.

La empresa Tres Ríos NeoClinic mostró mucho interés durante la investigación de campo, se ofreció como empresa contraparte y se comprometió a brindar la información requerida para el desarrollo de la presente investigación, por lo que el diseño del modelo y la validación se realizarán en esta PYME.

## 4.2. Metodología de diseño del modelo.

Una vez alcanzado el objetivo de diagnóstico. La información recolectada y analizada en el mismo es la fuente para el diseño de un modelo para la planificación, programación y control de las operaciones en las PYMES del sector de servicios odontológicos.

Para esquematizar y resumir la información que el modelo considerará, se presenta la Figura 12:

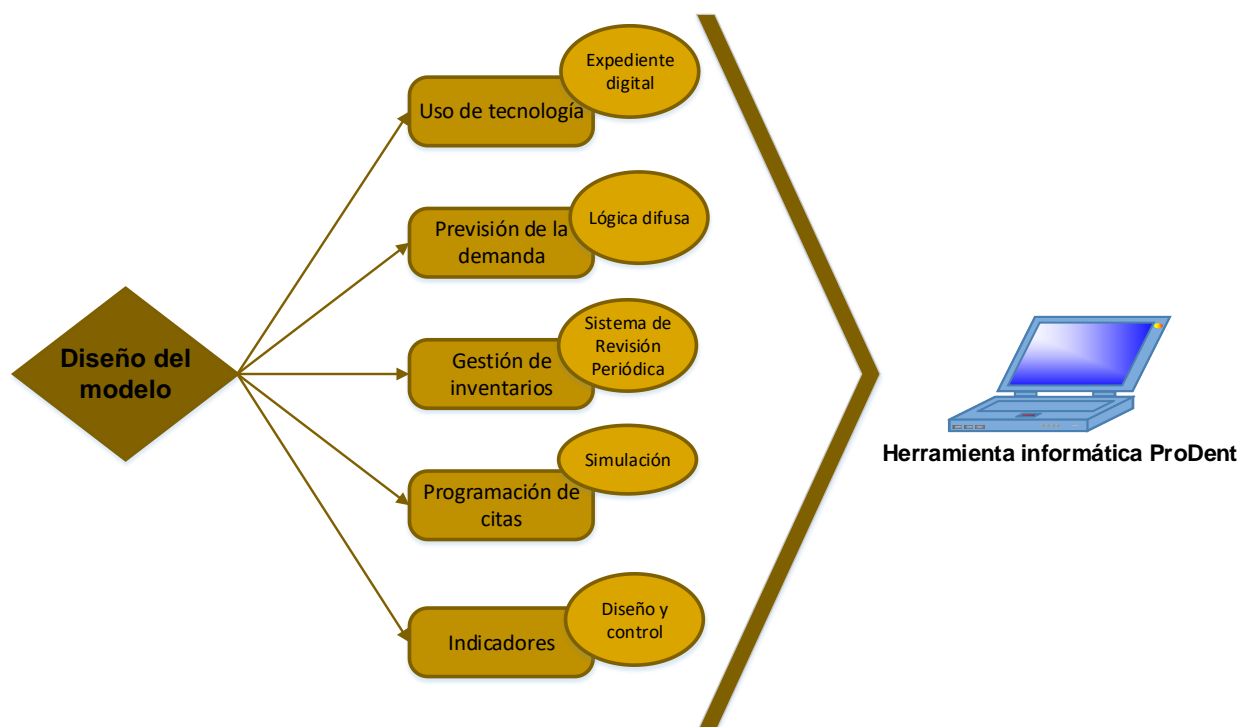


Figura 12: Diseño del modelo.

Fuente: Elaboración propia (2019)

La integración de las áreas que componen el diseño del modelo, se concretará con la creación de una herramienta programada en Microsoft Excel, lo cual permitirá la automatización del diseño y, a la vez, facilitará la puesta en marcha del mismo en el sector empresarial.

### **4.3. Herramienta informática “ProDent”**

Como parte fundamental del desarrollo de la investigación, se planteó el diseño de una herramienta que integre técnicas matemáticas y conocimiento empírico que permita la planificación, programación y control de operaciones en las PYMES de servicios odontológicos.

En dicha herramienta es donde se tendría plasmada la propuesta de un modo tangible y aplicable, de modo que corresponde a un entregable importante del proyecto planteado.

Para el desarrollo de la herramienta se consideró el diagnóstico hecho a la empresa Tres Ríos NeoClinic, de esta forma el diseño busca adaptar la propuesta a las necesidades de esta organización.

Considerando lo anterior, la teoría consultada y el conocimiento desarrollado durante la investigación, se plantea que el entregable debe considerar los siguientes aspectos:

- Registro digital de pacientes.
- Registro y seguimiento digital de historial clínico.
- Programación de citas.
- Pronósticos.
- Sistema de inventarios.
- Cálculo automático de indicadores.

Para efectos del proyecto se utiliza el lenguaje Visual Basic en Microsoft Excel para la programación requerida para integrar los aspectos analizados anteriormente.

A continuación, se analiza cada módulo de la herramienta informática y su funcionamiento.

#### **4.3.1. Registro digital de pacientes**

Para el desarrollo de esta sección se digitalizó el instrumento utilizado por Tres Ríos NeoClinic. Es decir, esta parte de la propuesta consiste en la posibilidad de registrar

digitalmente la información que la empresa históricamente ha registrado de manera manual.

Tiene tres opciones:

- Registrar una nueva persona paciente.
- Consultar información de pacientes ya registrados.
- Actualizar información de pacientes ya registrados.

La llave para realizar las tres acciones disponibles, es siempre el número de cédula de la persona paciente.

#### 4.3.2. Registro y seguimiento digital de historial clínico

Este módulo permite registrar las citas de un paciente determinado y también consultar las citas anteriores. De esta forma se facilita el seguimiento y la planificación de los procedimientos futuros. Igualmente, que en el módulo explicado anteriormente, la llave para ligar la información a un paciente determinado es el número de cédula.

La Figura 13 ilustra el módulo, al digitar la cédula se puede consultar las citas anteriores registradas, así como también es posible ingresar la información de una nueva cita.

Cédula		
Primer nombre		
Segundo nombre		
Primer apellido		
Segundo apellido		

Consultar paciente

Limpiar

Registrar

Registrar cita ejecutada				
Fecha	Tratamiento	Precio	Observaciones	

Citas previas				
Fecha	Tratamiento	Precio	Observaciones	

Figura 13: Módulo de registro y seguimiento de historial clínico

Fuente: Elaboración propia (2019)

### 4.3.3. Programación de citas

Para la programación de citas se toma en cuenta el tiempo tardado según cada servicio ofrecido. Debido a la alta variabilidad que estos tiempos presentan y las pocas posibilidades de estimarlos de una manera determinística, se plantea la simulación por medio de la distribución triangular, aprovechando de esta manera, el conocimiento empírico del odontólogo acerca de los tiempos de atención. Además, se han clasificado los casos en tres categorías:

- Caso sencillo.
- Caso normal.
- Caso complicado.

De esta forma, si el odontólogo tiene criterio para valorar una cita que está programando como sencilla, normal o complicada, y a la vez, se conoce el tipo de servicio que se ejecutará, la simulación del tiempo de atención dependerá de estas dos variables de entrada empíricas para generar el escenario correspondiente.

El módulo de programación de citas permite a la persona usuaria alimentar esta información y automáticamente aparecerá el tiempo ocupado resaltado con color rojo, de manera que, en los horarios resaltados, no se pueden programar citas.

A modo de ejemplo, la Figura 14 muestra la programación de una cita para el tratamiento llamado “Implante”, el cual el odontólogo ha categorizado el caso particular como un caso “Normal”. En la columna “Tiempo previsto” se muestra el tiempo simulado según los dos parámetros anteriores. Además, visualmente permite controlar que la próxima cita puede ser programada a partir de las 11:30 a.m.

Fecha	Hora	Cédula	Paciente	Tratamiento	Caso	Tiempo previsto
lunes 1 de abril de 2019	09:00:00 a.m.					
lunes 1 de abril de 2019	09:30:00 a.m.					
lunes 1 de abril de 2019	10:00:00 a.m.	xxxx	xxxx	Implante	Normal	74,24
lunes 1 de abril de 2019	10:30:00 a.m.					
lunes 1 de abril de 2019	11:00:00 a.m.					
lunes 1 de abril de 2019	11:30:00 a.m.					
lunes 1 de abril de 2019	12:00:00 p.m.					
lunes 1 de abril de 2019	12:30:00 p.m.					

Figura 14: Módulo de programación de citas

Fuente: Elaboración propia (2019)

Cabe resaltar que para la programación de este módulo fue necesario establecer la lista de los servicios odontológicos que ofrece la clínica, esto pues no se tenía de manera formal y documentada. Esta información se presenta en el Apéndice 5.

#### **4.3.4. Pronósticos de la demanda**

La previsión de la demanda se considera como un insumo importante para la planificación. El contar con un pronóstico permite generar estrategias vinculadas a la gestión de compras de materiales y en general, la preparación para hacer frente a ese futuro previsto.

Como se ha desarrollado a lo largo de la investigación, una herramienta que permite la generación de pronósticos considerando información empírica que en otros modelos no necesariamente se considera, es la lógica difusa.

Primeramente, se establecieron las variables lingüísticas que corresponden a las entradas del modelo de pronóstico:

- Temporada.
- Percepción.

La variable temporada hace referencia a la época del año y su ligamen con el comportamiento de la demanda.

La variable percepción se refiere al comportamiento de la demanda en un momento específico y la valoración que le da el odontólogo a ese comportamiento.

Cada una de las variables lingüísticas cuenta con tres conjuntos difusos:

- Demanda baja.
- Demanda media.
- Demanda alta.

La variable de salida se refiere a un porcentaje de ajuste a un pronóstico estimado por el odontólogo previamente. Los conjuntos difusos de esta variable de salida son los siguientes:

- Decrementar.
- Sin cambios.



- Incrementar.

A continuación, se presentan las funciones de pertenencia para cada uno de los conjuntos difusos:

### Temporada y percepción

Función de pertenencia para Baja (Función L).

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & \text{para } x \geq 5 \\ 1 - \frac{x-a}{m-a} & \text{para } 3 < x < 5 \\ 1 & \text{para } x \leq 3 \end{cases}$$

Función de pertenencia para Media (Triangular).

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & \text{para } x \leq 3 \\ \frac{x-a}{m-a} & \text{para } 3 < x \leq 5 \\ \frac{b-x}{b-m} & \text{para } 5 < x \leq 8 \\ 0 & \text{para } x > 8 \end{cases}$$

Función de pertenencia para Alta (Gamma).

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & \text{para } x \leq 5 \\ \frac{x-a}{m-a} & \text{para } 5 < x < 8 \\ 1 & \text{para } x \geq 8 \end{cases}$$

### Ajuste de pronóstico

Función de pertenencia para Decrementar (Función L)

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & \text{para } x \geq 0\% \\ 1 - \frac{x-a}{m-a} & \text{para } -10\% < x < 0\% \\ 1 & \text{para } x \leq -10\% \end{cases}$$

Función de pertenencia para Sin cambios (Triangular)

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & \text{para } x \leq -10\% \\ \frac{x - a}{m - a} & \text{para } -10\% < x \leq 0\% \\ \frac{b - x}{b - m} & \text{para } 0\% < x \leq 10\% \\ 0 & \text{para } x > 10\% \end{cases}$$

Función de pertenencia para Alta (Gamma)

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & \text{para } x \leq 0\% \\ \frac{x - a}{m - a} & \text{para } 0\% < x < 10\% \\ 1 & \text{para } x \geq 10\% \end{cases}$$

Las reglas difusas diseñadas se muestran en la Tabla:

Tabla 6 Reglas difusas

Temporada	Percepción	Acción
Baja	Baja	Decrementar
Baja	Media	Sin cambios
Baja	Alta	Incrementar
Media	Baja	Decrementar
Media	Media	Sin cambios
Media	Alta	Incrementar
Alta	Baja	Decrementar
Alta	Media	Sin cambios
Alta	Alta	Incrementar

Fuente: Elaboración propia (2019)

El porcentaje de ajuste del pronóstico se obtiene considerando estas reglas difusas y aplicando el procedimiento de defusificación expuesto por Castaño (2016).

El módulo de pronósticos programado en la herramienta informática, solicita al usuario una estimación inicial de la previsión de la totalidad de pacientes para un mes determinado. Además, se debe indicar un valor de 0 a 10 para las variables “temporada” y “percepción”, escala que modela el grado del tamaño de la demanda (baja, media o alta).

Luego, la herramienta automáticamente ajusta el pronóstico según el procedimiento de lógica difusa descrito en esta sección.

#### **4.3.5. Sistema de inventarios**

Para la explicación de la propuesta de gestión de inventarios se deben considerar algunos factores propios de la naturaleza de las empresas odontológicas y, específicamente, de la empresa Tres Ríos NeoClinic.

La ejecución de un servicio odontológico emplea variedad de materiales, los cuales fueron identificados en la investigación. Sin embargo, la particularidad acerca de la variabilidad y desconocimiento sobre el consumo de estos materiales por cada servicio y, además, la complejidad del registro continuo de este consumo, converge en la imposibilidad de la aplicación de un sistema de pedido fijo. Por este motivo la propuesta se basa en un sistema de período fijo (sistema P), con la particularidad que el período de revisión dependerá de los resultados difusos obtenidos en la herramienta de pronósticos.

De esta manera, se debe definir dos variables:

- Período de revisión del inventario.
- Inventario objetivo por material.

Si el ajuste difuso del pronóstico es un valor negativo, el período de revisión se ha estipulado en 1 mes, pues esto es indicador de que la demanda no es “alta”. Si el ajuste del pronóstico es 0, la revisión se haría cada 15 días, período regularmente utilizado por la empresa en la actualidad. Mientras que, si el ajuste del pronóstico es positivo, al significar esto que se tiene una demanda relativamente “alta”, se propone revisar el inventario de materiales 1 vez por semana. Esta información se muestra de manera automática en el módulo de pronósticos de la herramienta computacional ProDent.

El tamaño de lote de pedido será la diferencia entre el inventario objetivo y el inventario actual que no presenta inicio de consumo al momento de realizar la revisión. En la Tabla 7 se establecen los inventarios objetivos para cada uno de los materiales analizados.

Tabla 7 Inventario objetivo por material

<b>Material</b>	<b>Inventario Objetivo</b>
Ácido	2 tubos
Acrílico para provisional	1 cartucho
Adhesivo	1 botella
Agujas cortas	1 caja
Agujas largas	1 caja
Alginato	2 bolsas
Amalgama	1 bolsa
Anestesia	1 caja
Bandas	4 paquetes
Brocas	80 unidades
Cemento para endodoncia	1 tubo
Cemento	3 tubos
Cepillos	1 paquete
Dique de hule	1 caja
Flúor	1 botella
Fundas para flúor	1 bolsa
Gasa	2 paquetes
Gel foam	1 caja
Gutapercha	1 caja
Hemostático	1 botella
Hilo retractor	3 carruchas
Hipoclorito de sodio	1 litro
Hoja de bisturí	1 caja
Líquido fijador	1 botella
Líquido revelador	1 botella
Material liviano	2 cartuchos
Material pesado	1 frasco
Óxido de zinc	1 frasco
Papel articular	4 paquetes
Pasta profiláctica	1 frasco
Pasta pulidora	2 tubos
Puntas de papel	4 paquetes
Puntas pulidoras	10 unidades
Radiografías	1 paquete
Resina	6 tubos
Suero	2 litros
Sutura	2 cajas
Yeso	2 kg
Vasos	2 tubos

<b>Material</b>	<b>Inventario Objetivo</b>
Servilletas paciente	1 caja
Servilletas de mano	1 paquete
Guantes	4 cajas
Suctores	2 paquetes
Bolsas para esterilizar	3 cajas
Toallas desinfectantes	5 cilindros
Barreras plásticas	1 carrucha
Acrílico para laboratorio	1 kg

Fuente: Elaboración propia (2019)

Las brocas son un material de especial atención debido a que presentan una variedad considerable, las 80 unidades mencionadas en la Tabla 7 se clasifican según su velocidad y tipo, tal y como se presenta en la Tabla 8:

Tabla 8 Inventario objetivo por tipo de broca

<b>Velocidad</b>	<b>Tipo</b>	<b>Cantidad</b>
Alta	Gruesa para coronas	8
	Delgada para coronas	10
	Forma de balón	2
	Rueda de carreta	2
	Redonda 1/8	5
	Redonda 1/4	5
	Redonda 1/2	6
	Forma de llama	6
	De fisuras	4
	De 12 aspas	3
	Para pulir (forma de llama)	3
	Para pulir (forma de redonda)	3
Baja	Silicón amarillo	8
	Silicón gris	5
	Silicón rojo	5
	Disco	5

Fuente: Elaboración propia (2019)

Para el establecimiento de los inventarios objetivos se consideraron, en conjunto con la empresa Tres Ríos NeoClinic, los siguientes factores:

- Capacidad de compra.
- Espacio máximo de almacenamiento.

- Vida útil de los materiales.
- Demanda de los materiales.

Relacionado con la gestión de compras, se ha programado un módulo para el registro de las compras de cada uno de los materiales, esto para facilitar el control y seguimiento de las compras y para registrar información relevante que puede servir para el diseño y control de indicadores de desempeño.

#### **4.3.6. Indicadores**

La medición es un factor crítico para el adecuado control y mejora de cualquier propuesta, por este motivo se proponen los siguientes indicadores para el control del desempeño de la empresa Tres Ríos NeoClinic.

##### **Ingreso de dinero por mes**

Este indicador refleja los ingresos obtenidos por la ejecución de los servicios odontológicos en un determinado mes. Esta información se registra a la hora de incluir las citas en el registro digital de cada paciente.

##### **Cantidad de servicios**

Este indicador refleja la cantidad de citas efectuadas en un determinado mes. Esta información se registra al programar las citas en el módulo correspondiente en ProDent.

##### **Costo de inventario**

Este indicador registra el costo promedio de los materiales que se encuentran en un mes determinado en inventario.

##### **Error de pronóstico**

Al tener la posibilidad de registrar la cantidad de servicios ejecutados en un determinado mes, se plantea el indicador de error de pronóstico como una manera de visualizar y controlar qué tan exacto está siendo el diseño del modelo de pronóstico presentado en esta investigación. La fórmula propuesta para este indicador es la siguiente:

$$\text{Error de pronóstico} = \text{Demanda real} - \text{Pronóstico}$$

Si este indicador registra valores negativos significa que el modelo de pronóstico tiende a sobreestimar la demanda. Si presenta valores positivos, se relaciona con una subestimación de la demanda real.

### **Cantidad de citas atrasadas**

Este indicador es simplemente una contabilización de las citas que no inician a la hora programada, esto con el fin de controlar el desempeño del módulo de programación de citas.

### **Citas canceladas por falta de material**

Se propone el registro de las citas que no se han podido efectuar debido a la inexistencia en inventario de algún material, esto con el fin de controlar el desempeño del sistema de inventarios propuesto.

Los indicadores presentados se han diseñado con el propósito de llevar un control integral de la propuesta desarrollada en el presente proyecto, además de ser un insumo importante para la validación de la investigación.

## **4.4. Validación**

En esta sección se expondrá la experiencia obtenida al haber ejecutado durante tres meses el modelo para la planificación, programación y control de operaciones en PYMES del sector servicios odontológicos, particularmente en la empresa Tres Ríos Neo Clinic.

Es importante considerar que, al haber diseñado y aplicado una metodología de diagnóstico, también se validó en su correspondiente sección. De esta forma, la validación a nivel general, no se limita solamente a los resultados presentados en esta sección del documento, pues durante la investigación se aplicaron y validaron otros conceptos y herramientas desarrollados.

Existe un aporte a nivel cualitativo que se explica con las bondades y facilidades que ofrece la herramienta ProDent para la gestión de las operaciones. Es decir, la validación no solamente corresponde a la comparación de resultados cuantitativos de un antes y un después de la implementación, también hay algunos aspectos que conviene analizar para comprender el impacto, a nivel integral, que tuvo el modelo

en la organización Tres Ríos Neo Clinic. Dichos aspectos se mencionan a continuación:

- Expediente digital.
- Posibilidad de pronosticar la demanda.
- Política de inventarios.
- Herramienta para la programación de citas.
- Registro automático de la demanda.

Cada punto mencionado corresponde a acciones que la organización no realizaba, o bien, no lo realizaba de manera estructurada y automatizada. El solo hecho de contar con la posibilidad de gestionar estos aspectos de la manera propuesta, ha ordenado la forma en que se gestionan las operaciones, y de antemano, esto es positivo para la contraparte.

#### **4.4.1. Expediente digital**

Se realizó un plan piloto para la utilización del expediente digital en la empresa Tres Ríos Neo Clinic. Se registraron completamente 17 expedientes y además se probaron las funciones de actualización de datos, teniendo un éxito del 100%.

La consulta de los datos e historial clínico de los pacientes pasa de ser físico a digital, reduciendo notablemente el tiempo para este tipo de gestiones. Además, al contar con la posibilidad de guardar el archivo en la nube, esta acción se puede realizar en cualquier lugar y a cualquier hora, situación con la que anteriormente no se contaba.

Al poder consultar rápidamente el historial clínico de los pacientes, se puede tomar decisiones con respecto a los procedimientos y tratamientos en general de manera más eficiente.

En el expediente digital se presenta la opción para registrar los precios y otros datos que se consideren importantes para la toma de decisiones de futuras atenciones a la misma persona paciente.



#### **4.4.2. Pronósticos y sistema de revisión periódica de inventarios**

Se pronosticaron los tres meses en los que se validó el modelo. Obteniendo los siguientes resultados:

Abril

Estimación inicial de la demanda: 40.

Temporada: 2.

Percepción: 2.

Pronóstico final: 32.

Mayo

Estimación inicial de la demanda: 35.

Temporada: 2.

Percepción: 4.

Pronóstico final: 32.

Junio

Estimación inicial de la demanda: 40.

Temporada: 6.

Percepción: 4.

Pronóstico final: 36.

Los errores de pronóstico obtenidos radicaron en una subestimación de 5 servicios para abril, una sobreestimación de 3 servicios para mayo y, por último, una subestimación de 3 servicios para junio.

Lo más relevante referente a la proyección de la demanda no necesariamente es el dato como tal, sino la posibilidad que, por vez primera, la empresa tiene de contar con un horizonte de planeación, por lo que le permite, entre otras cosas, organizar turnos de trabajo y gestionar las compras de materiales.

Con respecto a las compras de materiales, el modelo sugirió durante los tres meses hacer una revisión exhaustiva 1 vez al mes. En la práctica diaria se detectaron algunas necesidades de compra, pero solamente se realizó la revisión del inventario una vez al mes, lo cual resultó ser favorable, ya que los indicadores que se expondrán más adelante lo reflejan.

#### 4.4.3. Programación de citas

Durante el período de validación se programaron 105 citas haciendo uso del modelo. Dotando a la empresa de una herramienta para visualizar los horarios ocupados y disponibles a cualquier hora y cualquier día de la semana.

Además de los resultados que se reflejarán en los indicadores, se registra la estadística del tipo y cantidad de servicios en cada mes, esto buscando la generación de datos que apoyen futuras mejoras al modelo. La Tabla 9 muestra las citas programadas durante a validación:

Tabla 9 Citas programadas

<b>Servicio</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>
Coronas	3	2	0
Endodoncia	5	4	5
Exodoncia	2	1	0
Implante	2	0	1
Puente	1	0	2
Revisión general	2	2	3
Cirugía cordal	3	0	0
Radiografía	1	0	2
Profilaxis	3	2	11
Calzas de resina	6	8	10
Blanqueamiento casero 2	1	0	0
Raspado periodontal	4	7	3
Blanqueamientos oficina	2	1	1
Alargamiento de corona	2	2	1
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>29</b>	<b>39</b>

Fuente: Elaboración propia (2019)

Es importante considerar que todos estos datos se registran y presentan automáticamente en la herramienta desarrollada en Excel mediante tablas dinámicas.

#### 4.4.4. Indicadores

Al automatizar el modelo mediante la herramienta desarrollada en Excel, se cuenta con información suficiente para el cálculo de los indicadores propuestos. El único dato que se debe registrar de manera paralela es el costo de inventario, el cual corresponde al costo del inventario promedio al final de un mes determinado. Además, los indicadores llamados “cantidad de citas atrasadas” y “citas canceladas por falta de material” se deben registrar de manera manual, pues para efectos del modelo planteado, no hay manera de llevar un registro automático que permita el cálculo de estos índices.

Al finalizar los tres meses de validación, los resultados son los que se presentan en la Tabla 10:

Tabla 10 Indicadores pre y post investigación

	Mes	Ingresos	Cantidad de servicios	Costo de inventario	Citas atrasadas	Citas canceladas por falta de material
<b>Pre investigación</b>	nov-18	₡3 250 000	36	₡378 000	12	2
	dic-18	₡2 660 000	25	₡416 000	8	0
	ene-19	₡2 450 000	29	₡286 500	13	3
<b>Post investigación</b>	abr-19	₡4 790 000	37	₡241 189	5	0
	may-19	₡1 580 000	29	₡233 951	3	1
	jun-19	₡3 365 000	39	₡114 943	3	0
<b>Cambio porcentual promedio</b>		<b>16,45%</b>	<b>16,67%</b>	<b>-45,39%</b>	<b>-66,67%</b>	<b>-80,00%</b>

Fuente: Elaboración propia (2019)

Estos registros de indicadores representan los primeros datos con los que cuenta la organización referente a índices operativos, por lo que constituyen un punto de partida, ya con mediciones registradas, que permitirá la toma de decisiones en períodos futuros.

La diferencia en los ingresos de abril a mayo evidencia la naturaleza heterogénea persistente en el sector servicios odontológicos, donde con una similar inversión en materiales se registran ingresos sumamente distintos.

#### **4.4.5. Análisis de mejoras en los indicadores**

##### **Ingresos y cantidad de servicios**

Tal y como se muestra en la Tabla 9, los ingresos tuvieron un aumento promedio de 16,45% y la cantidad de servicios un aumento de 16,67%. El cumplimiento con el paciente con respecto a tiempos de atención y el agilizar el seguimiento mediante una herramienta informática, son factores que están directamente relacionados con el cumplimiento de las expectativas de los clientes, al lograrlo, la demanda puede aumentar.

##### **Costo de inventario**

Uno de los aspectos fundamentales, que ha sido factor importante durante la validación del proyecto, es la inversión mensual en materiales. Esto pues la posibilidad de pronosticar la demanda y la utilización de un Sistema de Revisión Periódica que está ligado a los pronósticos, converge en la mejora en la toma de decisiones con respecto a compras de insumos. Si se compara el costo del inventario promedio de los tres meses previos a la validación con el costo que se registró durante, se tiene una disminución del 45,39% en el monto invertido en inventario.

##### **Citas atrasadas.**

Esta mejora se debe a que el modelo permite programar las citas de forma tal que se simula un tiempo esperado de duración, analizando la naturaleza del servicio y de la persona paciente. Esta parte del modelo ya fue expuesta en su sección correspondiente, pero se hace énfasis debido a que ha sido uno de los puntos fuertes en este período de validación. Se registra una disminución del 66,67% en este indicador.

##### **Citas canceladas por falta de material.**

El único motivo por el cual la empresa Tres Ríos NeoClinic cancela citas es por falta de material. Para este indicador, la propuesta impacta principalmente por la gestión de inventarios, ya que, al mejorar la toma de decisiones con respecto a las compras, las citas pronosticadas deberían efectuarse sin contratiempos de esta índole. Se registra una disminución del 80% en este indicador.

## **Capítulo V: Discusión**

### **5.1. Lecciones aprendidas**

Absolutamente todo debe ser investigado. No se debe suponer nada.

Se requiere de mucho esfuerzo en la simplificación para minimizar la brecha entre teoría y realidad, especialmente en las PYMES.

El conocimiento empírico y el uso del pensamiento difuso, es muy común en el día a día de las operaciones empresariales.

La investigación académica tiene mucho por dar al entorno empresarial costarricense.

### **5.2. El aporte a la academia**

El proyecto desarrollado evidencia la versatilidad que tiene la Ingeniería Industrial para abordar problemáticas diversas, tanto en cuanto a sectores productivos como a la naturaleza de las situaciones presentadas en la industria. La integración de herramientas clásicas con herramientas más novedosas y, el diseño de nuevas maneras de abordar un problema mediante un pensamiento sistémico, hacen que la investigación presentada impulse e inspire nuevas propuestas similares en la academia. Esto tanto para abordar temas propios del sector servicios odontológicos como para aplicar herramientas no tradicionales como la lógica difusa e investigación cualitativa.

La sociedad demanda de la academia un acompañamiento contextualizado a la realidad de las micro, pequeñas y medianas empresas costarricenses. En esta línea, la investigación desarrollada impacta un sector poco abordado y mantiene la posibilidad de aplicar el conocimiento generado a otras industrias y otro tipo de PYMES, abriendo a la academia posibilidades para el análisis del direccionamiento de esfuerzos en investigación, análisis de la evolución del perfil profesional de una persona profesional en Ingeniería Industrial y, en general, acciones a seguir para reducir la brecha entre la academia y la realidad empresarial.

## Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones

### 6.1. Conclusiones

Mediante la metodología de diagnóstico desarrollada se determina que las principales necesidades del sector empresarial odontológico, en temas relacionados con la planificación, programación y control de operaciones, recaen en aspectos como: la digitalización de expedientes, la previsión de la demanda, la estimación de tiempos de servicio, la calendarización de citas, la gestión de inventarios y el diseño y control de indicadores.

La empresa Tres Ríos NeoClinic cuenta por vez primera, con una herramienta informática (ProDent) que, entre otras cosas, le permite dar seguimiento digital a los expedientes e historial clínico de los pacientes. Además, cabe señalar que una herramienta integral de esta índole es cotizada por un costo que va de los \$5 000 a los \$7 000, según consulta a expertos (Apéndice 6).

La imposibilidad de parametrización de datos históricos no es una barrera para la previsión cuantitativa de la demanda, ya que, mediante la integración de herramientas no tradicionales como la lógica difusa y herramientas clásicas, como el sistema de revisión periódica, fue posible contar con pronósticos y establecer un modelo de inventario capaz de reducir el costo de los mismos en un 45,39% y reducir las citas canceladas por falta de material en un 80%.

Mediante la herramienta programada en Visual Basic, “ProDent”, se logra generar un método para la calendarización de citas, el cual permite simular y proyectar tiempos de atención en los servicios de odontología, los cuales, debido a su naturaleza, poseen una alta heterogeneidad. Las citas atrasadas disminuyen en un 66,67%.

La mejora en la planificación, programación y control de operaciones impacta, directa o indirectamente, en la satisfacción el cliente. Los ingresos aumentaron en un 16,45% y la cantidad de servicios ejecutados en un 16,67%.

## **6.2. Recomendaciones**

Se insta al sector académico a desarrollar investigación, destinada especialmente a la gestión estratégica, táctica y operativa de las micro, pequeñas y medianas empresas costarricenses, de forma tal que se promueva una planificación que evite la improvisación y el cortoplacismo, ya que esta es una práctica que las empresas deben gestionar para mejorar su competitividad.

Se recomienda el ligamen del sector odontológico con la academia para abarcar otras áreas de interés para las PYMES, como costos, estrategia empresarial, mercadeo y demás áreas afines.

Se recomienda al Colegio de Odontólogos de Costa Rica promover en sus asociados el modelo desarrollado en el presente proyecto. Durante la investigación de campo se detectó importante interés en las personas empresarias acerca de los temas tratados, además que sienten mucha desconfianza cuando tienen que gestionarlos en el día a día en su negocio.

En muchos tramos de la investigación, surgieron situaciones en donde se vio la necesidad de programar computacionalmente para la solución eficiente de un problema. Debido a esto y, a nivel general, al escenario actual al que debe enfrentarse una persona profesional en Ingeniería Industrial, se recomienda al Programa de Maestría reforzar la formación en materia de lenguajes de programación, para que, los futuros egresados, cuenten con conocimientos que les permita desarrollar soluciones computacionales a los problemas propios de Ingeniería Industrial en la era moderna. Considerando la naturaleza de la Maestría y de su malla académica, este reforzamiento se puede dar mediante cursos optativos o talleres que permitan a los estudiantes desarrollar las habilidades computacionales de una forma contextualizada a los problemas comunes que busca solucionar la Ingeniería Industrial.

## Bibliografía

- Aliseda, A., (2000). Heurística, hipótesis y demostración en matemáticas. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Arango, M, Serna, C & Gómez, A. (2012). Inferencia difusa aplicada a la ingeniería concurrente para el diseño de productos de manufactura en condiciones de incertidumbre. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*. Volumen 11 (21), 127-138.
- Avendaño, Q. C., Barrantes, B. M., Claro, P. L., Solano, S., D., (2017). Condiciones de financiamiento público que enfrentan las microempresas del sector comercio en Costa Rica. *Relaciones Internacionales. Volumen* (90.1), 125-140.
- Castaño, J. (2016). Previsión de la demanda para productos perecederos mediante Lógica Difusa. Universidad de Sevilla. España.
- Chase, R., y Jacobs, R., (2014). Administración de Operaciones. McGraw-Hill. México.
- Escobar, E., Díaz, J., y Taracena, N., (2010). Modelo para el ajuste de pronósticos agregados utilizando lógica difusa. *Ingeniería Investigación y Tecnología*. Volumen (XI), 289-302.
- González, O. (2004). PYMES: Un componente importante del sector productivo de Costa Rica. Editorial de la Universidad de Costa Rica: San José.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). Metodología de la Investigación. Mc Graw Hill. México.
- Johnson, Leenders y Flynn., (2012). Administración de Compras y Abastecimientos. McGraw-Hill. México.
- Krajewski, L., Ritzman, L. y Malhotra, M. (2008). Administración de operaciones. Pearson. México.
- Kvale, S. (2011). Las entrevistas en investigación cualitativa. Ediciones Morata. España.



- Lobo, D., (2017). Introducción a la lógica difusa y sus aplicaciones. TEMat, 1, págs. 53-67. España.
- Millán, E., (2005). Razonamiento aproximado. Recuperado de: [www.kramirez.net/RI/Material/Internet/slides1.ppt](http://www.kramirez.net/RI/Material/Internet/slides1.ppt)
- Ministerio de Economía, Industria y Comercio., (2018). PYMES Costa Rica. Recuperado de <http://www.pyme.go.cr/index.php>
- Ministerio de Economía, Industria y Comercio (2016). Estado de Situación de las PYME en Costa Rica. Costa Rica. Recuperado de: <http://reventazon.meic.go.cr/informacion/pyme/2017/informe.pdf>
- Pashanaste, D. y Pinedo, L. (2016). Tiempo de espera y satisfacción de usuarios en consulta externa del centro de salud Moronacocha, Iquitos 2015. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Perú.
- Pérez, M., (2011). Administración de Operaciones en las Pyme. Recuperado de [http://portal.uasb.edu.ec/UserFiles/381/File/MARCELA\\_PEREZ\\_2.pdf](http://portal.uasb.edu.ec/UserFiles/381/File/MARCELA_PEREZ_2.pdf)
- Pérez, I., y León, B., (2007). Lógica difusa para principiantes. Editorial Texto, C.A. Caracas.
- Render, B., y Heizer, J., (2007). Administración de la Producción. Pearson. México.
- Rodríguez, M, E. (8 de junio de 2010). Planificación, Programación y Control de la Producción. Universidad de Carabobo. Venezuela.
- Salas, A., (s.f.). Lógica Difusa. Recuperado de <http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/rits/n1/n1a30.pdf>
- Taha, H., (2012). Investigación de Operaciones. Pearson. México.
- Vergara, C, & Gaviria, H. (2009). *Aplicaciones de la lógica difusa en la planeación de la producción* (tesis de grado). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.

## Apéndice

### Apéndice 1: Guía de entrevista cualitativa para el sector odontológico

Fecha: \_\_\_\_\_. Hora: \_\_\_\_\_.

Lugar (ciudad y sitio específico): \_\_\_\_\_.

Entrevistador: Randall Serrano Valenciano.

Entrevistado:

Nombre: \_\_\_\_\_.

Puesto: \_\_\_\_\_.

Código profesional: \_\_\_\_\_.

#### Introducción:

La entrevista forma parte de una investigación que se está realizando como requisito para optar por el grado de Maestría en Ingeniería Industrial en la Universidad de Costa Rica. La información suministrada será utilizada para fines académicos.

#### Preguntas.

1. ¿Qué es lo más importante para que un negocio de odontología sea exitoso?
2. ¿Qué es lo que más le agrada de su trabajo?
3. ¿Qué le disgusta de su trabajo?
4. ¿Cuál considera que es el principal obstáculo para organizar su empresa?
5. ¿Ha conocido alguna empresa de odontología que catalogaría como desordenada?
6. ¿Qué debe tener una empresa de odontología para que esté bien organizada?
7. ¿En este momento considera que debe mejorar algo en su empresa?
8. ¿Puede indicar tres aspectos que considera positivos en su empresa?
9. ¿Puede indicar tres aspectos que considera negativos en su empresa?
10. ¿Es importante estimar la cantidad de clientes que podría tener en el futuro?
11. ¿Por qué razones un cliente podría estar insatisfecho?
12. ¿Ha tenido clientes insatisfechos?
13. ¿Ha identificado la razón por la que sus clientes han estado insatisfechos?

14. ¿Qué se puede hacer para evitar la insatisfacción en los clientes?
15. ¿Siente que tiene controlado su tiempo?
16. ¿Qué tan complicada es la administración financiera en su empresa?
17. ¿Puede explicarme todo lo referente a la compra de insumos?
18. ¿Cómo planifica sus compras?
19. ¿Cree que tener indicadores que le permitan saber si ha mejorado alguna actividad es importante?
20. ¿Tiene algún indicador en su empresa?

## Apéndice 2: Informe de entrevistas

Nombre de la empresa	Nombre de la persona contacto	Código profesional	Puesto	Resultados relevantes
Clínica Arhens	Sophía Arhens Chin	46711	Propietaria	<p>Considera importante prever la demanda, pero no sabe cómo.</p> <p>Ha perdido clientes debido al tiempo de espera.</p> <p>Lleva un control visual del consumo de materiales.</p> <p>Considera muy importante el control con indicadores, sabe que existen pero no tiene.</p>
Clínica Kamuk Dental	Mariela Muñoz Chacón	609819	Coordinadora	<p>Los compañeros no avisan cuando un material se acaba.</p> <p>Los lunes no programa citas para revisar inventarios y planear compras.</p> <p>La búsqueda de materiales, no saben dónde están.</p> <p>Se improvisa mucho con las compras y horarios.</p>
Clínica Dental Dra. Cindy Vargas Sibaja	Cindy Vargas Sibaja	232403	Propietaria	<p>Considera necesario prever la demanda, pero indica que es muy difícil.</p> <p>Controla visualmente el consumo de materiales, compra en exceso para que no se le acabe.</p> <p>Le gustaría tener indicadores, pero nunca había pensado en eso.</p>
Clínica Dental Loma Verde	Aylin Sánchez Campos	298705	Propietaria	<p>Le preocupa la administración de su empresa, indica no tener herramientas de ese tipo, solamente se enfoca en lo técnico.</p> <p>Pierde pacientes debido al tiempo de espera.</p>

Nombre de la empresa	Nombre de la persona contacto	Código profesional	Puesto	Resultados relevantes
				<p>Indica que al cliente le importa mucho el tiempo de espera y del procedimiento.</p> <p>Controla visualmente el inventario.</p> <p>Nunca se ha quedado sin material, pero sí se le ha vencido.</p> <p>Considera muy importante el control por indicadores, pero indica desconocer del tema.</p> <p>Le preocupa el costo de los procedimientos.</p>
Tres Ríos NeoClinic	Rodrigo Álvarez Pérez	385309	Propietario	<p>Le gustaría prever la demanda para saber cuándo contar con asistente.</p> <p>Ha perdido clientes por no tener asistente.</p> <p>Ha perdido clientes por tiempo de espera.</p> <p>Control visual del consumo de los materiales, no ha podido hacer trabajos debido a falta de materiales.</p> <p>Se le han vencido materiales, indica que le sucede constantemente.</p> <p>Le preocupa mucho los costos, no sabe cuánto le cuesta un servicio porque no lleva control de los materiales que invierte ni del tiempo. Le gustaría tener indicadores para controlar este tipo de cosas. Le gustaría comparar indicadores entre meses.</p>
Clínica Dental Jade	Catalina Bermúdez Vega	550416	Trabajadora	<p>Considera que tiene poco tiempo para planificar.</p>

Nombre de la empresa	Nombre de la persona contacto	Código profesional	Puesto	Resultados relevantes
				<p>El tiempo de espera es un factor de disconformidad para el paciente.</p> <p>Para el manejo de inventarios llevan un control visual. Indica que se las compras se planean al “día a día” y que en múltiples ocasiones hace falta material y no se pueden ejecutar algunos procedimientos. También sucede que algunos materiales han caducado. Indica que es necesario un control más preciso de algunos “indicadores”.</p>
ASEMBIS	Mariana Quesada Chaves	535415	Trabajadora	<p>Considera de primordial importancia el contar con asistencia.</p> <p>Indica que hay muchos atrasos en las citas debido a que la programación de citas simplemente se basa en que la atención durará 15 minutos, lo cual no es real. Considera que la previsión de la demanda es importante ya que permitiría tener un presupuesto tentativo de metas, materiales, servicios, tiempos de espera.</p> <p>Ha tenido que hacer descuentos debido a molestias por el tiempo de espera.</p>

### Apéndice 3: Herramienta de verificación

Personal promedio empleado por la empresa	
Valor de las ventas anuales netas	
Valor de los activos totales netos	
<b>Clasificación de la empresa</b>	

		Seleccione la opción que mejor califica cada afirmación.				
		Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Muy de acuerdo
1	Su empresa tiene definido un portafolio de servicios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2	Se cuenta con una lista de los materiales requeridos por cada servicio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3	Tiene definido niveles de inventario para cada material	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4	Puede estimar la cantidad de clientes que tendrá en el futuro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5	Puede consultar rápidamente el historial clínico de sus pacientes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6	No ha dejado de ejecutar un servicio por falta de asistente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7	Prevee el tiempo de atención según el tipo de servicio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	Los clientes se atienden puntualmente según la cita	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9	Puede establecer un horario definido de atención al público	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10	Las citas se programan considerando las citas previas y la naturaleza de los servicios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11	Considera que en pocas ocasiones debe improvisar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
12	Tiene registro digital de los expedientes de sus pacientes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

13	Puede consultar de manera rápida y oportuna los espacios disponibles para la programación de citas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
14	Tiene establecida alguna metodología para el control del inventario de materiales	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
15	Pocas veces sus clientes se han molestado por el tiempo de espera	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
16	Programa sus citas de forma tal que utiliza de la mejor manera su tiempo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
17	Planea sus compras de forma tal que no suspende citas debido a falta de materiales	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
18	Conoce su Productividad	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
19	Planea sus compras de forma tal que no debe acudir constantemente a realizar pedidos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
20	Los productos perecederos pocas veces se deben desechar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
21	Los lugares de almacenamiento de materiales no presentan saturación por exceso de material	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
22	No pierde clientes debido al tiempo de espera	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
23	Considera que dispone del tiempo requerido para planificar en su empresa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
24	Tiene métricas establecidas para controlar el desempeño de su empresa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
25	Dispone de algún medio tecnológico que sirva de apoyo para la planificación en su empresa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



## Apéndice 4: Diagnóstico a la empresa Tres Ríos NeoClinic

Personal promedio empleado por la empresa	5
Valor de las ventas anuales netas	₡22 000 000
Valor de los activos totales netos	₡90 000 000
<b>Clasificación de la empresa</b>	<b>Pequeña</b>

		Seleccione la opción que mejor califica cada afirmación.				
		Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Muy de acuerdo
1	Su empresa tiene definido un portafolio de servicios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2	Se cuenta con una lista de los materiales requeridos por cada servicio	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3	Tiene definido niveles de inventario para cada material	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4	Puede estimar la cantidad de clientes que tendrá en el futuro	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5	Puede consultar rápidamente el historial clínico de sus pacientes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6	No ha dejado de ejecutar un servicio por falta de asistente	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7	Prevee el tiempo de atención según el tipo de servicio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	Los clientes se atienden puntualmente según la cita	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9	Puede establecer un horario definido de atención al público	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10	Las citas se programan considerando las citas previas y la naturaleza de los servicios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
11	Considera que en pocas ocasiones debe improvisar	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

12	Tiene registro digital de los expedientes de sus pacientes	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
13	Puede consultar de manera rápida y oportuna los espacios disponibles para la programación de citas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
14	Tiene establecida alguna metodología para el control del inventario de materiales	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
15	Pocas veces sus clientes se han molestado por el tiempo de espera	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
16	Programa sus citas de forma tal que utiliza de la mejor manera su tiempo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
17	Planea sus compras de forma tal que no suspende citas debido a falta de materiales	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
18	Conoce su Productividad	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
19	Planea sus compras de forma tal que no debe acudir constantemente a realizar pedidos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
20	Los productos perecederos pocas veces se deben desechar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
21	Los lugares de almacenamiento de materiales no presentan saturación por exceso de material	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
22	No pierde clientes debido al tiempo de espera	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
23	Considera que dispone del tiempo requerido para planificar en su empresa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
24	Tiene métricas establecidas para controlar el desempeño de su empresa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
25	Dispone de algún medio tecnológico que sirva de apoyo para la planificación en su empresa	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Resultado****51**

### Apéndice 5: Servicios odontológicos ofrecidos en Tres Ríos NeoClinic

Servicios
Calza de resina
Calza de amalgama
Corona
Puente
Implante
Exodoncia
Blanqueamiento oficina
Blanqueamiento casero
Profilaxis
Raspado periodontal
Cirugía cordal
Alargamiento de corona
Endodoncia
Revisión general
Radiografía

### Apéndice 6: Cotización de desarrollo de software similar a ProDent

Experto	Cotización	Carnet	Colegio profesional
José Luis Vizcaíno Morales	\$5 000	3212	Colegio de Profesionales en Informática y Computación
Carlos Marín Cantarero	\$5 000	3959	Colegio de Profesionales en Informática y Computación
Maynor Méndez Ledezma	\$7 000	37814	Colegio de Licenciados y Profesores en Letras, Filosofía, Ciencias y Artes